



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

MARIANA GOMIDE VIEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DO FENÔMENO ILHAS DE CALOR NA  
CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG NOS ANOS DE 2004 E 2014  
POR MEIO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

---

Londrina  
2016

MARIANA GOMIDE VIEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DO FENÔMENO ILHAS DE CALOR NA  
CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG NOS ANOS DE 2004 E 2014  
POR MEIO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, na linha de pesquisa: Dinâmica Espaço-Ambiental como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Gilnei Machado

Londrina  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Vieira, Mariana Gomide.

Caracterização do fenômeno ilhas de calor na cidade de Uberlândia - MG nos anos de 2004 e 2014 por meio de técnicas de sensoriamento remoto / Mariana Gomide Vieira. - Londrina, 2016.  
160 f.

Orientador: Gilnei Machado.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2016.  
Inclui bibliografia.

1. Ilhas de calor - Teses. 2. Climatologia - Teses. 3. Sensoriamento remoto - Teses. I. Machado, Gilnei. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 26 dias do mês de abril do ano de 2016, na sala 10 - BLOCO DE SALAS do Centro De Ciências Exatas, desta Universidade, às 14:00 horas, reuniu-se a Banca Examinadora homologada pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, composta por Dr. Gilnei Machado, Dra. Deise Fabiana Ely e Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto. A reunião teve por objetivo julgar o trabalho da estudante MARIANA GOMIDE VIEIRA sob o título: ""CARACTERIZAÇÃO DO FENÔMENO ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE UBERLÂNDIA NOS ANOS DE 2004 E 2014 POR MEIO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO"". Os trabalhos foram abertos pelo professor Dr. Gilnei Machado. A seguir, foi dada a palavra à estudante para apresentação do trabalho. Cada examinador arguiu a Mestranda, com tempos iguais de arguição e resposta. Terminadas as arguições, procedeu-se ao julgamento do trabalho, concluindo a Banca Examinadora por sua APROVAÇÃO. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da Banca Examinadora.

A estudante deverá reformular seu trabalho no prazo de 30 dias: ( X ) SIM ( ) Não

Se houver alteração no título do trabalho, informar o novo título abaixo:

CARACTERIZAÇÃO DO FENÔMENO ILHAS DE CALOR NA  
CIDADE DE UBERLÂNDIA - MG NOS ANOS DE 2004  
E 2014 POR MEIO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO.

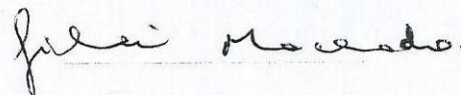
Obs.: Este documento não deve conter rasuras ou corretivo e deve ser preenchido de forma legível.

Londrina, 26 de Abril de 2016.

**PRESIDENTE**

Dr. GILNEI MACHADO

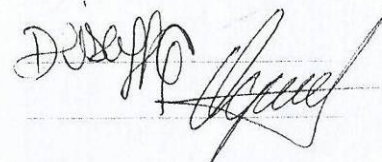
UEL



**TITULARES**

Dra. DEISE FABIANA ELY

UEL



Dr. OSVALDO COELHO PEREIRA NETO

UEL

## AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a meu orientador, Prof. Dr. Gilnei Machado, pela orientação, dedicação, paciência e incentivo durante todo o processo. Sempre disposto a ajudar e compreender minhas dúvidas e argumentos, obrigado pela aprendizagem e pelo orientador presente que foi.

Agradeço a minha mãe, Hanny Angeles, maior incentivadora dos meus estudos, que me deu força ao longo desta jornada e também pelas noites em claro atendendo a pedidos de última hora com a ajuda na formatação e ABNT da pesquisa. Mãe, esta conquista também é sua, te amo.

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, pela estrutura e por tornar o desejo de ser mestre possível.

Agradeço à banca de qualificação, Prof. Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto e Prof. Dr. Deise Fabiana Ely, pelas relevantes considerações feitas.

Agradeço a meu pai Cenylde e a minha irmã Ana Laura, por estarem comigo nesta jornada, dando-me força e suporte para seguir minhas escolhas, amo vocês.

Agradeço aos demais familiares, por me apoiarem e sempre vibrarem com minhas conquistas.

Agradeço ao Caio Vinícius, meu par, pelas inúmeras conversas sobre minha pesquisa, sua paciência em épocas de estudos constantes, o seu incentivo e companheirismo. Muito obrigada.

Agradeço também aos amigos, de Londrina (Fran, Mari Catelli e Aninha), de Uberlândia (Danilo, Vidal e Carol) e de Ituiutaba (Fran, Bel e Paula), pelo incentivo, confraternizações e conversas, sempre presentes (se não de forma física no pensamento). Peço desculpas pelos encontros não idos, quase sempre, devido à dissertação.

Agradeço ao Prof. Dr. Vincent Dubreuil e a Luana de Oliveira, com a ajuda na identificação do campo térmico desta pesquisa.

Agradeço ao Laboratório de Pesquisa em Geografia Física (LAPEGE), pela estrutura para o desenvolvimento da pesquisa e a todos os integrantes, pelos debates e conversas sobre a geografia, os cafezinhos e a convivências diárias.

Agradeço ao laboratório de climatologia da Universidade Federal de Uberlândia, Departamento de Geografia, pelos dados meteorológicos cedidos.

Agradeço à Secretaria de Pós Graduação do Centro de Ciências Exatas - UEL, na pessoa dos secretários Anderson e Regina, pela ajuda com os tramites burocráticos.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida em todo o período do mestrado.

Em suma, agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram, torceram e me incentivaram a seguir este caminho.

**Muito obrigada!**

GOMIDE, M. V. **Caracterização do fenômeno ilhas de calor na cidade de Uberlândia – MG nos anos de 2004 e 2014 por meio de técnicas de sensoriamento remoto**. 2016. 160 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, 2016.

## RESUMO

Uberlândia passou por intensa expansão urbana nos anos de 1960 a 2000 decorrente da marcha para oeste com a criação de Brasília e do êxodo rural, colaborando significativamente para o aumento populacional desenfreado. A aceleração da ocupação e expansão urbana nesta cidade acarretou em interferências impactantes ao meio ambiente, dentre estas, o clima urbano. As ilhas de calor, fenômeno comum no que se refere ao clima urbano, principalmente nas cidades de médio a grande porte, são formadas em decorrência de um conjunto de fatores que estão presentes nas cidades, considerando desde a densa construção civil, que propicia aglomerados populacionais em regiões específicas, como as atividades industriais, a concentração de asfalto e o aumento populacional. Neste contexto, esta dissertação possui como objetivo geral identificar e caracterizar o fenômeno das ilhas de calor nos anos de 2004 e 2014 na cidade de Uberlândia – MG, com auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, relacionando-as com a expansão urbana da cidade nos últimos dez anos e com o índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Os procedimentos metodológicos se constituíram na realização de cálculos no software Idrisi (Selva 17.0), para a identificação da temperatura de superfície da área de estudos e consequentemente as ilhas de calor, utilizando imagens do satélite Landsat 5 e 8. Também foi realizada a correção atmosférica e, por fim, para identificar a cobertura vegetal, mapeou-se o NDVI, a fim de compreender se há relação entre a vegetação e as ilhas de calor. No ano de 2004 foi calculado 38.0 °C de temperatura de superfície e no ano de 2014 39.0°C em Uberlândia, apesar disto, o ano de 2004 se mostrou mais quente e o ano de 2014 mais ameno, isso pode ser explicado pela temperatura do ar que, para o ano de 2004, foi 2.0 °C mais elevado, se comparado com 2014. As ilhas de calor foram mais predominantes no ano de 2004, mas, em ambas as datas, manifestaram-se em razão de lotes vagos com solo exposto ou com vegetação esparsa, de acordo com a identificação visual sobre os índices de NDVI. Resultado este que contrapõem a ideia do senso comum, na qual as ilhas de calor se manifestam apenas em áreas com densidade de edificações. Notou-se que as ilhas de calor ocorreram em bairros periféricos, tendo pouca relação com o adensamento populacional, mas sim com lotes vagos e solo exposto. Temperaturas mais amenas foram identificadas sobre vegetação, principalmente em matas ciliares, reservas de preservação permanentes, parque e praças. Tendo por base o índice de vegetação NDVI, foi possível observar que a cidade de Uberlândia possui pouca vegetação em sua zona urbana, contribuindo com a ocorrência do fenômeno das ilhas de calor.

**Palavras chave:** Ilhas de calor. Sensoriamento remoto. Temperatura. Uberlândia.

GOMIDE, M. V. **Caracterização do fenômeno ilhas de calor na cidade de Uberlândia – MG nos anos de 2004 e 2014 por meio de técnicas de sensoriamento remoto.** 2016. 160 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, 2016.

### ABSTRACT

Uberlândia underwent intense urban expansion in the years from 1960 to 2000 due to westward march with the Brasília's creation and rural exodus, contributing significantly for the unbridled population growth. The acceleration of urban occupation and sprawl in the city resulted in interference impacting into the environment, among them, the urban climate. The urban heat islands, usual phenomenon relation to the urban climate especially in the medium to large cities, are formed due to a number of factors presents in the cities considering from the dense construction, which provides settlements in specific regions, such as industrial activities, concentration of asphalt and growth population. In this context, this work has as main objective to identify and characterize the heat islands phenomenon in 2004 and 2014 in the city of Uberlândia – MG, with the assistance of remote sensing and geoprocessing techniques, relating them to urban expansion of the city in the last ten years and with the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). The methodological procedures consisted in performing calculations in Idrisi software (Selva 17.0) to identify the study area surface temperature and consequently the urban heat islands, using Landsat 5 and 8 satellite images. Also did the atmospheric correction, and finally, to identify the vegetation cover was mapped the NDVI to understand if there is vegetation in the midst of civil densification. It was calculated 38.0 ° C surface temperature in the year 2004 and 39.0 ° C in 2014, despite this, the year 2004 proved to be warmer and the year 2014 milder, it can be explained by air temperature for 2004 that was 2.0 ° C higher compared to 2014. The urban heat islands were more prevalent in 2004, but both years were manifested due to vacant lots with exposed soil or sparse vegetation, according to the visual identification of NDVI. It was noted that the urban heat island occurred in suburbs, with no significant relation to the population density, but with vacant lots and exposed soil. Milder temperatures were identified on vegetation, especially in riparian forests, permanent preservation reserves, parks and plazas. Based on NDVI, it was possible to observe that the city of Uberlândia has little vegetation in its urban area, contributing to the urban heat islands phenomenon.

**Keywords :** Heat islands. Remote sensing. Temperature. Uberlândia.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> - Diagrama do S.C.U – Sistema Clima Urbano .....	25
<b>Figura 02</b> - SCU – Articulações dos subsistemas segundo os canais de percepção.....	27
<b>Figura 03</b> - Perfil da ilha de calor urbana.....	30
<b>Figura 04</b> - Diferença da radiação direta e radiação refletida em diferentes zonas.....	31
<b>Figura 05</b> - Espectro eletromagnético da radiação solar e terrestre .....	34
<b>Figura 06</b> - Albedos de materiais urbanos.....	37
<b>Figura 07</b> - Aplicações do sensoriamento remoto em estudos do clima urbano .....	38
<b>Figura 08</b> - Área de estudo – Uberlândia/MG em 2014.....	47
<b>Figura 09</b> - Massas de ar que atuam no estado de Minas Gerais.....	59
<b>Figura 10</b> - Localização do município de Uberlândia no estado de Minas Gerais.....	62
<b>Figura 11</b> - Mapas da formação de bairros na cidade de Uberlândia no início do século XX .....	64
<b>Figura 12</b> - Foto do centro de Uberlândia na década de 1940.....	66
<b>Figura 13</b> - Mapa do uso do solo da cidade de Uberlândia no ano de 1978.....	71
<b>Figura 14</b> - Densidade demográfica de Uberlândia em 1990.....	75
<b>Figura 15</b> - Uso do solo da cidade de Uberlândia em 1990 .....	76
<b>Figura 16</b> - Evolução da expansão urbana nos anos de 1950 até 1991 em Uberlândia.....	77
<b>Figura 17</b> - Delimitação dos bairros integrados e setorizados da cidade de Uberlândia .....	82
<b>Figura 18</b> - Distribuição de lotes no setor central de Uberlândia (%).....	89
<b>Figura 19</b> - Foto panorâmica da cidade de Uberlândia .....	89
<b>Figura 20</b> - Foto do bairro Nossa Senhora Aparecida – Uberlândia .....	90
<b>Figura 21</b> - Distribuição de lotes no setor norte de Uberlândia (%).....	92
<b>Figura 22</b> - Bairro Minas Gerais – Setor norte.....	92
<b>Figura 23</b> - Distribuição de lotes no setor sul de Uberlândia (%).....	94
<b>Figura 24</b> - Bairro Karaíba .....	95
<b>Figura 25</b> - Bairro Lagoinha.....	95
<b>Figura 26</b> - Distribuição de lotes no setor leste de Uberlândia (%) .....	97
<b>Figura 27</b> - Bairro Santa Mônica e Universidade Federal de Uberlândia .....	98
<b>Figura 28</b> - Distribuição de lotes no setor oeste de Uberlândia (%).....	100
<b>Figura 29</b> - Temperatura de superfície da cidade de Uberlândia – MG (2004) .....	105
<b>Figura 30</b> - NDVI da cidade de Uberlândia – MG (2004) .....	107

<b>Figura 31</b> - Temperatura de superfície do setor central da cidade de Uberlândia – MG (2004).....	108
<b>Figura 32</b> - NDVI do setor central da cidade de Uberlândia – MG (2004).....	110
<b>Figura 33</b> - Áreas selecionadas para análise da temperatura de superfície no setor central .....	104
<b>Figura 34</b> - Temperatura de superfície do setor norte da cidade de Uberlândia – MG (2004) .....	111
<b>Figura 35</b> - NDVI do setor norte da cidade de Uberlândia – MG (2004) .....	112
<b>Figura 36</b> - Áreas selecionadas para análise da temperatura de superfície no setor norte.....	114
<b>Figura 37</b> - Temperatura de superfície do setor sul da cidade de Uberlândia – MG (2004) .....	116
<b>Figura 38</b> - NDVI do setor sul da cidade de Uberlândia – MG (2004).....	117
<b>Figura 39</b> - Bairro Bons Olhos (Nova Uberlândia atualmente).....	118
<b>Figura 40</b> - Loteamentos vazios Royal Park .....	118
<b>Figura 41</b> - Temperatura de superfície do setor leste da cidade de Uberlândia – MG (2004) .....	120
<b>Figura 42</b> - NDVI do setor leste da cidade de Uberlândia – MG (2004) .....	121
<b>Figura 43</b> - Bairro Residencial Aclimação, área agricultáveis.....	122
<b>Figura 44</b> - Bairro Mansões Aeroporto .....	123
<b>Figura 45</b> - Temperatura de superfície do setor oeste da cidade de Uberlândia – MG (2004) .....	125
<b>Figura 46</b> - NDVI do setor oeste da cidade de Uberlândia – MG (2004) .....	126
<b>Figura 47</b> - Br 365/ bairro Dona Zulmira e Jardim Patrícia .....	127
<b>Figura 48</b> - Bairro Morada do Sol .....	128
<b>Figura 49</b> - Temperatura de superfície da cidade de Uberlândia – MG (2014) .....	130
<b>Figura 50</b> - NDVI da cidade de Uberlândia – MG (2014) .....	131
<b>Figura 51</b> - Temperatura de superfície do setor central da cidade de Uberlândia – MG (2014).....	132
<b>Figura 52</b> - NDVI do setor central da cidade de Uberlândia – MG (2014).....	133
<b>Figura 53</b> - Bairro Osvaldo Rezende e Martins.....	134
<b>Figura 54</b> - Temperatura de superfície do setor norte da cidade de Uberlândia – MG (2014) .....	136
<b>Figura 55</b> - NDVI do setor norte da cidade de Uberlândia – MG (2014) .....	136

<b>Figura 56</b> - Bairro Santa Rosa Prolongamento.....	137
<b>Figura 57</b> - Bairro Minas Gerais – terrenos vagos .....	137
<b>Figura 58</b> - Temperatura de superfície do setor sul da cidade de Uberlândia – MG (2014) .....	139
<b>Figura 59</b> - NDVI do setor sul da cidade de Uberlândia – MG (2014).....	140
<b>Figura 60</b> - Temperatura de superfície do setor leste da cidade de Uberlândia – MG (2014) .....	142
<b>Figura 61</b> - NDVI do setor leste da cidade de Uberlândia – MG (2014) .....	143
<b>Figura 62</b> - Bairro Aclimação – terrenos vagos .....	144
<b>Figura 63</b> - Vegetação de terrenos vagos do bairro Aclimação – parte sul.....	145
<b>Figura 64</b> - Temperatura de superfície do setor oeste da cidade de Uberlândia – MG (2014) .....	146
<b>Figura 65</b> - NDVI do setor oeste da cidade de Uberlândia – MG (2014) .....	147
<b>Figura 66</b> - 36° Batalhão de Infantaria Motorizada.....	148
<b>Figura 67</b> - Conjuntos prediais do bairro Mansour .....	148

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 01</b> - Albedo de superfícies .....	36
<b>Tabela 02</b> - Características do sensor TM .....	40
<b>Tabela 03</b> - Características do sensor OLI.....	40
<b>Tabela 04</b> - Características do sensor TIRS .....	41
<b>Tabela 05</b> - Imagens utilizadas do satélite Landsat 5 e 8.....	45
<b>Tabela 06</b> - Condições meteorológicas das datas escolhidas para os mapeamentos .....	45
<b>Tabela 07</b> - Grandezas radiométricas .....	48
<b>Tabela 08</b> - Atributos meteorológicos e físicos da área de estudo utilizados na calculadora de correção atmosférica da NASA.....	53
<b>Tabela 09</b> - Temperaturas médias mensais e anuais de Uberlândia (1980-2010) .....	58
<b>Tabela 10</b> - Parque Industrial de Uberlândia no ano de 1940.....	65
<b>Tabela 11</b> - População de Uberlândia no ano de 1940, 1950 e 1960.....	68
<b>Tabela 12</b> - Distribuições dos imigrantes interestaduais nos municípios sede das microrregiões, nas décadas de 1970 e 1980 .....	70
<b>Tabela 13</b> - Indústrias estabelecidas em 1970 e 1980, e quantidade de trabalhadores empregados na cidade de Uberlândia .....	72
<b>Tabela 14</b> - População segundo a situação do domicílio, taxas de urbanização e de crescimento no município de Uberlândia - 1970 a 2000 .....	79
<b>Tabela 15</b> - Dados da evolução habitacional de Uberlândia – áreas aprovadas por m <sup>2</sup> para o ano de 2004 e 2012 .....	83
<b>Tabela 16</b> - Total de empresas formais por subsetores de atividade econômicas 2004 – 2003 em Uberlândia.....	84
<b>Tabela 17</b> - Estimativa populacional para Uberlândia (2000 – 2014).....	85
<b>Tabela 18</b> - Bairros componentes do setor central, população por bairro, área (km <sup>2</sup> ) e número de domicílios (2010).....	86
<b>Tabela 19</b> - Bairros componentes do setor norte, população por bairro, área (km <sup>2</sup> ) e número de domicílios (2010).....	91
<b>Tabela 20</b> - Bairros componentes do setor sul, população por bairro, área (km <sup>2</sup> ) e número de domicílios (2010).....	93
<b>Tabela 21</b> - Bairros componentes do setor leste, população por bairro, área (km <sup>2</sup> ) e número de domicílios (2010).....	96
<b>Tabela 22</b> - Bairros componentes do setor oeste, população por bairro, área (km <sup>2</sup> ) e número de domicílios (2010).....	99

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 01</b> - Climograma do município de Uberlândia ano de 1975 a 2010 .....	58
<b>Gráfico 02</b> - Temperaturas mínimas, médias e máximas das datas de 18/06/2004 e 30/06/2014 na cidade de Uberlândia .....	61
<b>Gráfico 03</b> - Evolução do número de projetos de loteamentos de 1910 a 1994 .....	74

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>1 DA CLIMATOLOGIA DINÂMICA AO ESTUDO DE ILHAS DE CALOR</b> .....	19
1.1 A Climatologia Dinâmica.....	19
1.2 Clima Urbano.....	21
1.3 Teoria Sistema Clima Urbano .....	22
1.4 Ilhas de Calor .....	29
1.5 Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo das Ilhas de Calor .....	33
<b>2 MÉTODO DA PESQUISA</b> .....	43
2.1 Procedimentos Metodológicos .....	43
2.2 Aquisição das Imagens .....	44
2.3 Tratamento das Imagens .....	46
2.4 Processamento do Campo Térmico.....	47
2.5 Correção Atmosférica .....	51
2.6 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada-NDVI .....	54
<b>3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E URBANA DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	57
3.1 Características Climáticas de Uberlândia.....	57
3.2 Expansão Urbana de Uberlândia: no Início do Século XX a Construção de Brasília.....	61
3.3 Expansão Urbana de Uberlândia: de 1970 a 2000.....	69
<b>4 EVOLUÇÃO URBANA DE UBERLÂNDIA ENTRE OS ANOS DE 2004 A 2014</b> .....	81
4.1 Abordagem Geral da Evolução Urbana .....	81
4.2 Evolução Urbana de 2004 a 2014 - Divisão por Setores.....	87
4.2.1 Setor central.....	87
4.2.2 Setor norte.....	90

4.2.3	Setor sul .....	93
4.2.4	Setor leste .....	96
4.2.5	Setor oeste.....	98
<b>RESULTADOS .....</b>		<b>101</b>
<b>5</b>	<b>ILHAS DE CALOR EM UBERLÂNDIA NO ANO DE 2004 E 2014 .....</b>	<b>103</b>
5.1	Usos da Terra e Ilhas de Calor no Ano de 2004.....	103
5.2	Detalhamento das Ilhas de Calor por Setores (2004).....	108
5.2.1	Setor central .....	108
5.2.2	Setor norte .....	111
5.2.3	Setor sul .....	115
5.2.4	Setor leste .....	119
5.2.5	Setor oeste.....	124
5.3	Usos da Terra e Ilhas de Calor no Ano de 2014.....	128
5.4	Detalhamento das Ilhas de Calor por Setores (2014).....	132
5.4.1	Setor central .....	132
5.4.2	Setor norte .....	135
5.4.3	Setor sul .....	138
5.4.4	Setor leste .....	141
5.4.5	Setor oeste.....	145
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>150</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>		<b>153</b>

## INTRODUÇÃO

O clima no planeta está em constante mudança, decorrente, principalmente, das ações antrópicas relacionadas às emissões de gases na atmosfera, retirada da vegetação natural, oscilações de temperaturas terrestres e nos oceanos, entre outros, potencializando danos e impactos ao clima urbano, que vem sendo alvo de estudos contemporâneos em diferentes áreas das ciências naturais.

Assim, a ocupação e a expansão urbana são responsáveis por interferências de condicionantes termo/químicos no clima local. As ilhas de calor são aspectos comuns e importantes no que tange os estudos termodinâmicos urbanos, são formadas devido a um conjunto de fatores que estão presentes nas cidades, considerando desde a densa construção civil, que propicia aglomerados populacionais em regiões específicas, como as atividades industriais, a concentração de asfalto e o aumento populacional.

As ilhas de calor são fenômenos ocorrentes no clima urbano em geral e influenciam na sensação térmica local. São caracterizadas pela concentração de temperaturas mais quentes em determinado local, se comparado com sua área circunvizinha, formando um espécie de “oásis inverso”, de acordo com Gartland (2010)

Nas últimas décadas, os estudos sobre ilhas de calor têm aumentado significativamente, relacionando, principalmente, o intenso processo de urbanização com o aumento das temperaturas na zona urbana. Vários são os métodos e os instrumentos utilizados para a mensuração deste fenômeno térmico. Assim, este trabalho optou por empregar as técnicas de sensoriamento remoto, que vêm se destacando e ganhando importância na área, principalmente quando associadas as questões de ordem ambiental.

Os estudos sobre ilhas de calor utilizando o sensoriamento remoto têm-se mostrado viáveis. Alguns fatores que corroboram tal ideia são a fácil aquisição das imagens de satélite próprias para estudos de temperaturas de superfície, uma vez que se encontra um número significativo delas, as quais são distribuídas gratuitamente em formato digital, auxiliando-nos a compreender a formação das ilhas de calor nas cidades.

Normalmente, os estudos sobre ilhas de calor têm como recorte espacial as grandes cidades, o que mostra a importância da sua realização em cidades de tamanhos menores, como as cidades de médio e pequeno porte. Tal necessidade se encontra respaldada pelo fato de que se trata de centros urbanos com um desenvolvimento menos complexo, ainda sendo possível implementar e proporcionar soluções para o problema do aquecimento decorrente das

ilhas de calor em localidades específicas, visto que, nas metrópoles, uma reestruturação da malha urbana é uma ação complicada e inviável, já que a cidade está consolidada com aglomerado de pessoas e estrutura civil.

A partir desse aspecto, optou-se por pesquisar as ilhas de calor na cidade de Uberlândia, pois trata-se de uma cidade interiorana do estado de Minas Gerais que faz parte da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba e é caracterizada como sendo de porte médio, com um total de 654.681 habitantes, de acordo com o IBGE referente ao ano de 2014.

Uberlândia passou por intensa expansão urbana nos anos de 1960 a 2000, inicialmente, este foi decorrente da marcha para oeste com a criação de Brasília. O êxodo rural também teve influência ao longo da década de 1960 - 70, colaborando, significativamente, para o aumento populacional que teve seu desenvolvimento atrelado, sobretudo, aos setores de indústria e agropecuária, atividades que necessitam de mão obra. Deste modo, Uberlândia recebeu pessoas de sua mesorregião e de outros estados, contribuindo com a expansão urbana e o desenvolvimento econômico que até os dias atuais continua em ascensão.

Nesse contexto, esta pesquisa optou por estudar essa área, levando em consideração sua característica de cidade de porte médio, esperando que a identificação das ilhas de calor venha a colaborar com o ordenamento territorial, especialmente com a criação de novos bairros, ressaltando a necessidade da implementação de praças e áreas verdes, para que o fenômeno das ilhas de calor possa ser minimizado, auxiliando, também, no conforto térmico da população.

Outro fator que justifica a realização deste estudo é a escassez ou ausência de pesquisas envolvendo o uso do sensoriamento remoto aplicado as ilhas de calor para a cidade de Uberlândia.

Portanto, este trabalho objetiva identificar e caracterizar o fenômeno das ilhas de calor nos anos de 2004 e 2014, na cidade de Uberlândia – MG, com o auxílio de técnicas de sensoriamento remoto, relacionando-as com a expansão urbana nos últimos dez anos e fatores de uso do solo, como o índice de vegetação NDVI. Espera-se, assim, caracterizar a variabilidade térmica, espacial e temporal desta.

Este trabalho se divide em cinco capítulos: no primeiro, abordam-se questões referentes à climatologia, no qual é apresentado um debate teórico relacionado às correntes de pensamentos da climatologia dinâmica, seguindo das definições do clima urbano, assim como a Teoria Sistema Clima Urbano, proposta por Monteiro (1976). Também discorre-se sobre as características e significados das ilhas de calor e os trabalhos desenvolvidos a partir da aplicação do sensoriamento remoto.

O segundo capítulo consiste na explanação do método e dos procedimentos metodológicos utilizados, tratando, principalmente, acerca das características do geoprocessamento que serão aplicadas para esta pesquisa. Inicialmente, é mencionado o método utilizado, baseado na Teoria Sistema Clima Urbano de Monteiro, (1976). Posteriormente, são ressaltados os passos para o tratamento das imagens de satélite Landsat 5 e 8, os procedimentos realizados para a obtenção do campo térmico, a correção atmosférica aplicada e o índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN/NDVI).

No terceiro capítulo, são caracterizados os aspectos climáticos de Uberlândia, seguida da contextualização da expansão urbana da cidade derivada da influência da construção de Brasília, êxodo rural e os processos percorridos até os anos 2000, a fim de caracterizar a fase do “boom” populacional vivido por Uberlândia, notadamente no período de 1960 a 2000.

O quarto capítulo versa sobre o crescimento econômico e populacional da cidade de Uberlândia nos anos de 2004 a 2014, a caracterização dos setores da malha urbana e dos bairros existentes.

No quinto capítulo, são abordados os valores das temperaturas de superfície obtidos no ano de 2004 e 2014, representados em mapas, com a identificação e localização das ilhas de calor e sua relação com o uso do solo e índice de vegetação.

Para finalizar, teceu-se as considerações finais alcançadas por meio do desenvolvimento deste trabalho e as referências bibliográficas utilizadas para a sua realização.

## **CAPÍTULO I**

# **1 DA CLIMATOLOGIA DINÂMICA AO ESTUDO DE ILHAS DE CALOR**

Para que possamos compreender como o fenômeno da ilha de calor interfere no meio urbano, no cotidiano da população e como sua análise contribuiu para o desenvolvimento da climatologia, torna-se importante entender a história dessa ciência e seus avanços ao longo do tempo.

Este capítulo busca discutir a climatologia dinâmica que se constitui no viés mais recente das correntes climatológicas, buscando entender a dinamicidade climática.

Neste capítulo, também são abordadas as questões relacionadas à compreensão do clima urbano que tem sido estudado no Brasil por meio da Teoria Sistema Clima Urbano (S.C.U), organizada por Monteiro (1976), e que compreende um sistema complexo, dinâmico e adaptativo composto pela interação entre clima e urbanização, objetivo desta pesquisa.

As ilhas de calor, objeto desta pesquisa, são produtos do clima urbano. Deste modo, buscou-se contemplar o assunto de forma específica, abrangendo suas causas e formações, implicadas principalmente em consequência da densa urbanização. Também foram abordados os principais trabalhos realizados nesta temática.

Finalizando, foi discutida a utilização das geotecnologias (sensoriamento remoto e geoprocessamento) para a mensuração das ilhas de calor, metodologia que esta pesquisa optou por seguir. O emprego do sensoriamento remoto tem-se mostrado viável para atingir objetivos de identificação do campo térmico urbano.

Segue o detalhamento de cada assunto abordado nos tópicos adiantes.

## **1.1 A Climatologia Dinâmica**

A partir da preposição do conceito de clima de Sorre, a geografia passa a desenvolver estudos que abordam a climatologia dinâmica e análises que correlacionam os vários elementos meteorológicos (ainda pautados na matemática e física, baseada nas médias e ressaltando a importância aos eventos isolados) com o meio ambiente (biológico para Sorre). Prevalece, assim, a análise atmosférica em que a ritmicidade e a dinâmica dos estados atmosféricos, nos estudos climáticos, têm resultado em maior compreensão de seus fenômenos e comportamento, o que coopera para melhores correlações com elementos do ambiente.

Sant’ana Neto (2008) realizou reflexões sobre a análise geográfica do clima, ressaltando sobre o ritmo e tempo,

Ao definir o complexo climático (ou meio climático), concebeu a noção de ritmo, argumentando que é exatamente o ritmo da sucessão de tipos de tempo que deveria nos interessar, uma vez que expressaria de forma global a variação do clima. Em cada instante, ainda segundo Sorre (1951), a combinação dos elementos meteorológicos forma um conjunto original — o tempo e, a sucessão dos tipos de tempo é regida por leis da meteorologia dinâmica, das quais o geógrafo extrai o conhecimento do mecanismo dos climas (SANT’ANNA NETO, 2008, p.54).

Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, a partir da década de 1960, abordou a análise rítmica proposta por Sorre, na qual o método de análise do ritmo do clima é descrito por Monteiro como sendo, “[...] o encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados.” (MONTEIRO, 1976, p.30). E, para o estudo do ritmo, estabeleceu o que constitui o gráfico de análise rítmica, “[...] longas faixas de representação diária concomitante de todos os atributos atmosféricos mensuráveis sobre um lugar, acompanhado de informações sobre o sistema meteorológico atuante em cada dia.” (MONTEIRO, 1976, p. 30).

Ao adotar o paradigma do ritmo, Monteiro baseia-se nos recursos da meteorologia dinâmica e estrutura os princípios metodológicos que passaram a reger a pesquisa em Climatologia Geográfica no Brasil, dando origem ao que poderíamos chamar de “escola de climatologia geográfica brasileira” (BARROS; ZAVATTNI, 2009).

Monteiro estudou o clima mediante o método dinâmico, realizando diversos trabalhos de cunho geográfico sobre o clima brasileiro e da América do Sul, abordando a temática de classificação de massas de ar, teoria e metodologia dos estudos climáticos, clima urbano, entre outros. Algumas de suas importantes obras são: “Sobre a análise Geográfica de Sequências de Tempo” (1963); “Da Necessidade de um Caráter Genético à Classificação Climática” (1962); “Sobre um Índice de Participação das Massas de ar e suas Possibilidades de Aplicação à Classificação Climática” (1964); A Dinâmica de Massas de ar no Estado de São Paulo (1973) e o de maior visibilidade, realizado para sua tese de livre docência na Universidade de São Paulo, “Teoria e Clima Urbano” (1976). (SANT’ANNA NETO, 2008).

Em 1973, Monteiro estruturou os elementos fundamentais de uma construção teórica sobre seu conceito de clima, valendo-se dos preceitos da climatologia dinâmica e geográfica, constituída por um conjunto de procedimentos, conforme a seguir:

- Desprezo pelos valores médios e a utilização de dados reais, em escala diária, em proveito de uma minuciosa análise da variação dos elementos do clima.
- A utilização das cartas sinóticas de superfície como subsídio à identificação dos tipos de tempo, possibilitando a relação entre a circulação atmosférica regional com as manifestações individualizadas localmente.
- A elaboração de um ciclo evolutivo da penetração da massa Polar Atlântica, por considerar a sua presença (ou sua ausência) como o elemento fundamental, composto de três momentos: prenúncio, avanço e domínio.
- A escolha de períodos “padrão” (anual, estacional, mensal e episódico), que seriam capazes de fornecer um quadro dinâmico das situações concretas, demonstrando a amplitude de ocorrência dos tipos de tempo habituais, ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação com capacidade de produzir situações adversas.
- A análise da sequência e encadeamento dos tipos de tempo, na busca do entendimento das variações locais dentro de um quadro regional, marcado pelas características e influências dos fatores geográficos.
- E, por fim, a tentativa de classificação climática, em bases genéticas e dinâmicas, a partir de índices de participação dos sistemas atmosféricos atuantes e suas respectivas repercussões no espaço geográfico (MONTEIRO, 1973 apud SANT’ANNA NETO, 2008, p.58).

O aprimoramento da climatologia dinâmica nos estudos dos diversos tipos de tempos relacionados com a ação antropogênica e o crescimento das cidades proporcionou a investigação sobre o clima urbano, o que será mais bem discutido no tópico a seguir.

## 1.2 Clima Urbano

Tendo por base a necessidade de uma maior articulação entre o clima e a sociedade, a partir dos anos de 1960, com o crescimento urbano desenfreado, os principais alertas despertados estavam relacionados à qualidade do ar (MENDONÇA, 2003) e aos estudos relacionados ao clima urbano.

A temática clima urbano passa a ser trabalhada em virtude da intensa atividade industrial e a queima de combustíveis fósseis que produziram mudanças na qualidade ambiental e a consequente degradação da qualidade de vida dos habitantes que ocupam os espaços urbanos (SAYDELLES, 2005).

Conti (1998, p. 43), ao explicar o clima urbano, relata que “o mecanismo do clima urbano pode ser entendido se a cidade for considerada um sistema aberto por onde circulam fluxos de energia, sofrendo processos de absorção, difusão e reflexão” sendo que a urbanização é capaz de intervir e modificar o clima local.

Os estudos do clima urbano não são recentes, datam da época da Revolução Industrial, como aponta Monteiro (1976). Merecem destaque as pesquisas realizadas em Londres de John Evelyn (1661), com a obra “*Fumifugium*”, em que foi analisada a contaminação atmosférica causada pela queima de combustíveis fósseis, e o trabalho de Luke Howard (1833) “*The climate of London*”, no qual foram enfocadas as diferenças meteorológicas entre cidade e campo (NASCIMENTO, 2011).

Ressalta-se contribuições de Landsberg (1956), cujo trabalho relacionou os diversos elementos climáticos com o meio urbano, tendo como objetivo “filtrar e discutir a extensão das mudanças climáticas que foram causadas especificamente pelo povoamento” (LANDSBERG, 2006, p. 95).

Chandler (1965) constatou, em suas pesquisas, a modificação do clima urbano, por meio dos dados de umidade, temperatura e precipitação.

Lombardo (1985, p. 28) argumenta que ambos os trabalhos são relevantes para o estudo de clima urbano, contudo “a abordagem é mais meteorológica do que geográfica, faltando uma correlação dos fenômenos meteorológicos e urbanos”

Vários outros pesquisadores contribuíram com os estudos de clima urbano, dentre os quais podem-se destacar Sorre (1934), Lowry (1967) e Petterson nos anos 70. Além desses, merece realce a contribuição de Oke (1982) e a sua constatação sobre a elevação da temperatura nas áreas antropizadas e a diminuição desta nas áreas rurais, conclusões que contribuíram para provar a existência das ilhas de calor urbanas.

As influências da urbanização no clima (e a geração de ilhas de calor) estão presentes nos trabalhos de Monteiro (1976) quando apresenta a Teoria Sistema Clima Urbano, em que caracteriza a cidade como um sistema aberto, adaptativo e dinâmico, e traz contribuições de cunho teórico e metodológico que servirão de embasamento para muitas das pesquisas relacionadas à temática nas décadas que se seguiram até a atualidade no Brasil, como será debatido a seguir.

### 1.3 Teoria Sistema Clima Urbano

Para a compreensão do clima urbano, utiliza-se como quadro de referência teórico a Teoria Geral dos Sistemas, criada por Ludwig Von Bertalanffy na década de 1950. A partir disto Monteiro (1976) cria a Teoria Sistema Clima Urbano, permitindo entender o clima urbano pautando-se em uma visão pragmática, aliada à abordagem sistêmica para a percepção deste fenômeno, que “visa compreender a organização climática peculiar da cidade e, como tal, é centrado essencialmente na atmosfera que, assim é encarada como *operador*” (MONTEIRO 1976, p. 97).

Monteiro (1976) apresenta dez tópicos, a fim de caracterizar a sua teoria do Sistema Clima Urbano:

- 1- O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização;
- 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;
- 3- O Sistema Clima Urbano 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;
- 4- As entradas de energia no Sistema Clima Urbano são de natureza térmica (oriundas da fonte primária de energia de toda a Terra – o Sol), implicando componentes dinâmicos inequívocos determinados pela circulação atmosférica, e decisivas para a componente hídrica englobada nesse conjunto;
- 5- A avaliação da entrada de energia, provinda da circulação atmosférica, no Sistema Clima Urbano deve ser observada tanto em termos quantitativos como, especialmente, em relação ao seu modo de transmissão;
- 6- A estrutura interna do Sistema Clima Urbano 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;
- 7- O conjunto – produto do Sistema Clima Urbano pressupõe vários elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema. Sendo variada e heterogênea essa produção, faz-se mister uma simplificação classificadora que deve ser constituída através de canais de percepção humana;
- 8- A natureza urbana do Sistema Clima Urbano implica 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;
- 9- O Sistema Clima Urbano é admitido como passível de autorregulação, função essa conferida ao elemento homem urbano que, na medida em que o conhece e 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 prestabelecidas;

10- Pela possibilidade de interferência auto-reguladora, acrescentam-se ao Sistema Clima Urbano, como sistema aberto, aquelas propriedades de entropia negativa pela sua própria capacidade de especialização dentro do crescimento através de processos adaptativos, podendo ser qualificado, assim, como um sistema morfogenético (MONTEIRO, 1976, p.95)

O Sistema Clima Urbano (S.C.U), de acordo com Monteiro (1976), é um sistema que abrange o clima de um espaço terrestre e a sua urbanização, sendo a última (a cidade) o núcleo deste sistema, os quais interagem com o meio em que se encontram, sofrendo eventos causadores de transformações do próprio sistema, caracterizando-se, por isso, como sendo um sistema aberto e complexo na sua totalidade, como é esboçado na Figura 01.

O diagrama da Figura 01 é apresentado, a priori, como uma proposta a ser seguida para estudos abrangendo a temática, desprovida de um conjunto de experimentos suficientes, mas que deve ser reestruturada, adaptada e/ou aperfeiçoada ao longo do desenvolvimento das pesquisas, de acordo com cada peculiaridade que se deseja investigar (MONTEIRO, 2003).

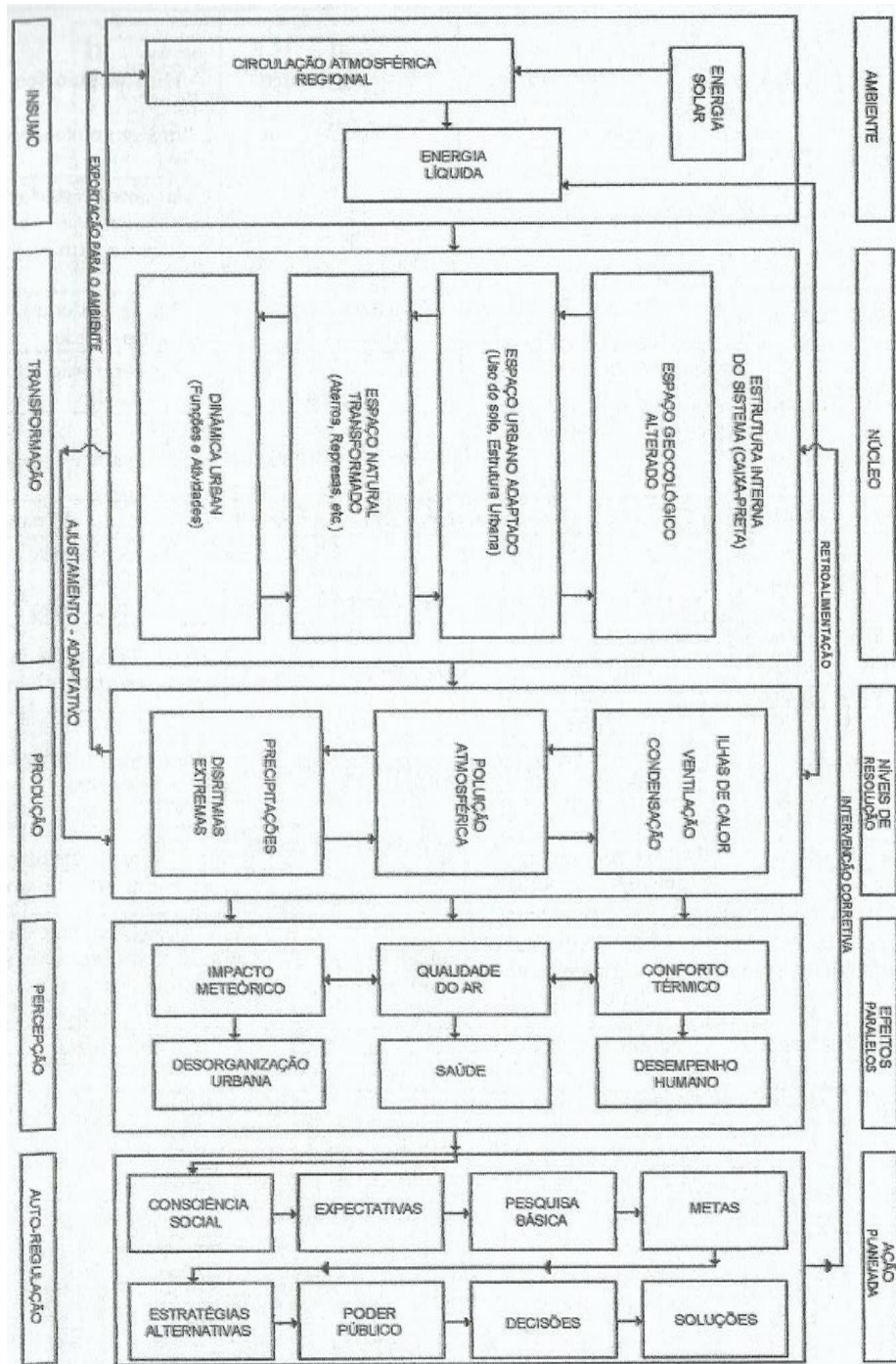
Nota-se que o esquema da Figura 01 trata-se da articulação, influenciando e atuando no ambiente, cujo o núcleo se refere à ação antropizada do meio, ou seja, o espaço alterado - as cidades. Várias são as causas e efeitos produzidos por meio da interação “ambiente/núcleo”, como a poluição atmosférica, precipitação disritimizadas, e buscando dar destaque à temática desta pesquisa, a produção das ilhas de calor, influenciadoras diretas no conforto térmico e no desempenho humano.

Todo esse sistema é passível de ajustamento, sendo adaptativo, Monteiro (2003) esclarece que

O S.C.U. é admitido como passível de auto regulação, função esta conferida ao elemento homem urbano que, na medida em 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, 2003, p. 25).

A autorregulação pode ser realizada pela população por meio de ações planejadas, para promover e exercitar a consciência social da comunidade, pesquisas a abordar metas, expectativas e estratégias, concomitantemente com intervenções realizadas pelo poder público, a fim de se chegar a decisões e soluções específicas e eficazes para a melhoria da interação cidade e ambiente climático.

**Figura 01** - Diagrama do S.C.U- Sistema Clima Urbano



**Fonte:** MONTEIRO (2003, p.45)

Monteiro (1976) cria um quadro de categorias taxonômicas de organizações do clima urbano, ao propor estratégias de abordagem para o estudo mediante a relação entre unidades climáticas, ordens de grandezas e as diferentes escalas urbanas.

Colaborando com o assunto, Ely (2006) traz contribuições sobre as taxonomias do clima urbano, relatando que,

As discussões sobre as categorias taxonômicas que compõem o Clima Urbano destacam comumente o interior das cidades como sendo o centro do sistema, aberto às trocas energéticas que se dão entre as suas componentes internas (construções de diferentes materiais, cores, estruturas, fluxos de veículos e pessoas, processos industriais e reduzida cobertura vegetal) que produzem fenômenos variados, tais como as ilhas de calor, ilhas frias, inversões térmicas que interagem com a atmosfera em geral (ELY, 2006, p. 108).

Para esta pesquisa, chama-se a atenção para a ordem de grandeza *local*, constituindo os espaços climáticos que abrangem áreas metropolitanas, no caso, a cidade de Uberlândia. Monteiro (1976) organiza estratégias de abordagens da temática do S.C.U de acordo com as taxonomias, que se constituem nos meios de observações, preconizando os postos meteorológicos e redes complementares para o estudo com a escala local.

O clima urbano, proposto pelo autor citado acima, pode ser estudado por meio de três canais de percepção que “pretendem mostrar as relações sistêmicas lineares que estabelecem o S.C.U” (MONTEIRO, 2003, p. 44), agrupando as peculiaridades do clima urbano, resultantes da participação humano-urbana no sistema. Estes três canais estão representados na Figura 02, são eles: Termodinâmico (relacionado ao conforto térmico); Físico-Químico (correspondente à qualidade do ar) e o Hidrometeorológico (refere-se a impactos meteóricos, chuvas, furações, nevoeiros...).

Nesta pesquisa, tomar-se à como base o canal I-Termodinâmico, concernente ao canal do conforto térmico, tendo como produto as ilhas de calor. De acordo com Monteiro (1976, p. 126), este canal se refere ao “nível fundamental de resolução climática, para onde convergem e se associam todas as outras componentes”, atuando no balanço de energia da cidade. Esta última está estritamente associada à transformação e ao surgimento dos diversos componentes termodinâmicos, incluindo as ilhas de calor

Esse subsistema ou canal atravessa toda a estrutura do S.C.U., “pois que é o insumo básico, é transformado na cidade e pressupõe uma produção fundamental no balanço de energia atuante no sistema” (MONTEIRO, 1976, p. 126). A relação entre *operador* “atmosfera” e *operando* “toda ação ecológica natural e as associadas ao fenômeno da urbanização” (MONTEIRO, 2003, p. 25) constituem o S.C.U, complexo, dinâmico e adaptativo.

Ainda analisando a Figura 02, o desenvolvimento desse sistema é de fluxo contínuo e requer observações meteorológicas espaciais (o que se pretende realizar nesta pesquisa com o auxílio das técnicas de sensoriamento remoto, associando-as aos dados meteorológicos da área de estudo nas datas escolhidas).

Os efeitos diretos produzidos pelas ilhas de calor, foco desta pesquisa, estão relacionados à sensação térmica da população, no desconforto e redução do desempenho humano (Figura 02). Uma forma de minimizar e/ou adaptar o núcleo a este impacto é promover ações de *reciclagem adaptativa*, ao estabelecer ações de controle do uso do solo e investir em tecnologias urbanísticas para o conforto habitacional.

**Figura 02** - S.C.U- Articulações dos subsistemas segundo os canais de percepção

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 auto-motores Indústrias obras-Limpas	Atmosfera estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica hidrológica (T. de campo)
Correlações disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infra-estrutura urbana
Produtos	"Ilha de Calor" Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataques à integridade 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	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra-estrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

**Fonte:** MONTEIRO (1976, p.127).

O adensamento urbano (construções, industrialização, densidade demográfica, entre outros) concebe a cidade como passível de transformação e produção dos componentes termodinâmicos, especificadamente, os pertinentes ao conforto térmico. O campo

Termodinâmico é foco do estudo desta dissertação, tendo como um dos principais problemas térmicos a ocorrência das ilhas de calor no perímetro urbano.

Contribuições brasileiras para o estudo do clima urbano e ilhas de calor constituem nos trabalhos de: Tarifa (1977), com a análise da temperatura na cidade de São José dos Campos; Tavares (1997), que pesquisou o clima urbano de Campinas; Danni (1980), que estudou Porto Alegre; Sampaio (1981), com a relação uso do solo e a temperatura em Salvador e Lombardo (1985), com a utilização de mensuração e do sensoriamento remoto para o estudo de ilhas de calor na cidade de São Paulo.

Entre os estudiosos brasileiros que se têm destacado com trabalhos recorrendo ao sensoriamento remoto e geoprocessamento para o estudo do clima urbano, especificamente, as ilhas de calor, pode-se citar Mendonça (1994), com a análise do clima urbano em cidade de médio porte, especialmente o estudo de caso de Londrina/PR; Amorim (2000), que analisou o clima da cidade de Presidente Prudente/SP; Saydelles (2005), identificou as ilhas de calor na cidade de Santa Maria – RS, Coltri (2006), em Piracicaba, entre outros.

Compreendendo os estudos de ilhas de calor com o uso do sensoriamento remoto em localidades, bioma e dinâmica climática próxima ao local desta pesquisa (Uberlândia), Bias; Baptista; Lombardo (2003) averiguaram este fenômeno por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos na cidade de Sobradinho-DF, onde a temperatura de superfície chegou a mensurar temperatura maior que 28.0 °C, e as ilhas de calor puderam ser visualizadas principalmente em áreas com solo exposto, cobertura metálica e localidades com estrutura asfáltica.

Nascimento (2011) analisou a evolução do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO, entre os anos de 1986-2010, com o satélite Landsat 5, e constatou que a temperatura de superfície aumentou 7.0 °C ao longo do período estudado. O autor salienta que “Enquanto as temperaturas mais elevadas ocorrem em maior proporção sobre as áreas centrais, ou seja, mais urbanizadas, as temperaturas mais brandas são registradas nas áreas periféricas, ou mesmo naquelas revestidas por cobertura vegetal e corpos hídricos” (p. 125, 2011).

Sousa e Ferreira (2012) também estudaram a temperatura de superfície por meio do sensoriamento remoto com dados do Landsat 5/7 e MODIS, no município de Goiânia –GO (2002-2011). Identificaram uma oscilação no ano de 2002 entre 34.0 e 36.0 °C e, em 2011, valores mais baixos, entre 30.0 e 32.0 °C, segundo autor, a temperatura do ar em 2011, foi ligeiramente mais amena que a do ano de 2002, e ainda ressalta que “áreas com cobertura de solo exposto, como áreas de plantio, queimadas e bairros sem cobertura asfáltica chamaram a

atenção por responderem a maiores temperaturas registradas (maiores que 38 °C)” (SOUSA; FERREIRA, 2012, p. 36).

Santana (2014) analisou as ilhas de calor na cidade de Brasília-DF, utilizando o Landsat 5 nos anos de 1987 a 2011, e constatou que a temperatura aumentou com o decorrer dos anos e “grande foco de calor foram as áreas de solo exposto que se apresentaram em certos casos com temperaturas maiores até mesmo que o centro da cidade” (2014, p. 1044).

A partir disso, é possível perceber que a urbanização contribui para mensuração de temperaturas elevadas no bioma Cerrado, sobretudo em áreas que o solo é exposto e falta de vegetação. Este fenômeno será mais bem detalhado no tópico que segue.

#### **1.4 Ilhas de Calor**

As ilhas de calor são aspectos comuns no que tange aos estudos de clima urbano. A significativa aglomeração urbana (atividade industrial, construção civil, concreto, asfalto, etc...) contribui para que este fenômeno esteja presente, em praticamente, todas as cidades, o que proporciona a elevação nas temperaturas da superfície e da atmosfera e influencia no conforto térmico por meio da geração de microclimas urbanos.

As ilhas de calor são descritas por Lombardo (1985) como sendo uma anomalia térmica em que a temperatura de superfície do ar urbano se caracteriza por ser superior a da vizinhança rural. Este fenômeno é, normalmente, gerado “devido à redução da evapotranspiração, ao aumento da rugosidade e as propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais pavimentados” (1985, p. 24).

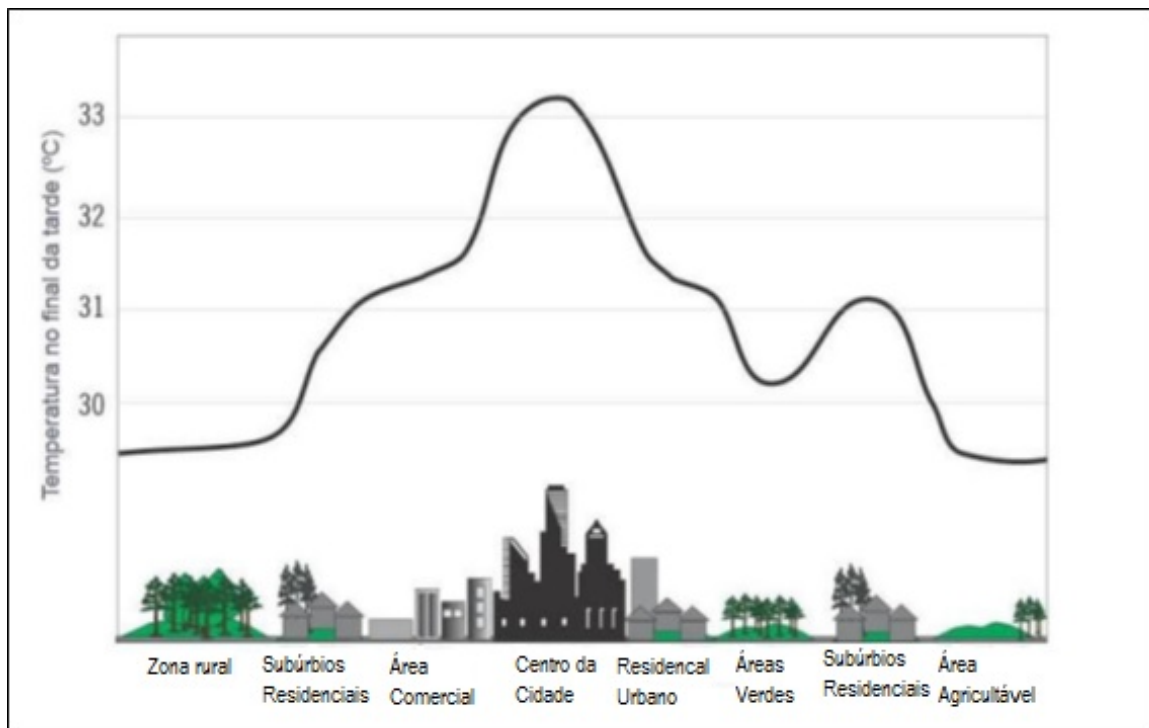
Por meio das palavras de Lombardo, pode-se verificar que a intensidade e até mesmo o surgimento das ilhas de calor dependem de como ocorre a urbanização, de seu tamanho, da densidade populacional, da quantidade de indústrias, da quantidade de carros, da verticalização, do tipo de material utilizado e, por fim, da quantidade de área verde existentes.

Andrade, Roseghini e Mendonça (2010) definem ilhas de calor e ressaltam a diferença do gradiente de temperaturas como sendo consequência do tipo de uso de cada área ou da intensidade da urbanização,

[...] se caracteriza pelo aumento da temperatura do ar nas cidades em relação ao meio rural e também na diferenciação entre regiões diferentes da área urbana, separadas por critérios mais ou menos aleatórios, mas centrados no uso e ocupação da terra. Por isto, as áreas menos urbanizadas normalmente apresentam gradientes de temperatura diferentes das mais urbanizadas (ANDRADE; ROSEGHINI; MENDONÇA, 2010, p.59).

Com o aumento de pavimentação e edificação nas áreas centrais das cidades, estas tendem a tornar-se mais quentes que as periferias, como pode ser visualizado na Figura 03 (TEZA; BAPTISTA, 2005). Em decorrência do acúmulo de calor nestas áreas, cria-se uma zona de baixa pressão que altera o sistema de ventos, atraindo com eles partículas de poeira e poluição (AMORIM, 2000; NASCIMENTO, 2011).

**Figura 03** - Perfil da Ilha de calor urbana



**Fonte:** Environmental Protection Agency, 2005.

É importante salientar que esta pesquisa visa identificar as ilhas de calor na área urbana de Uberlândia mediante a temperatura de superfície obtida em uma camada mais alta da atmosfera do que aquela onde é medida a temperatura do ar, que é conseguida pelos abrigos meteorológicos e transectos móveis em superfície.

Coltri (2006); Fialho (2009) e Nascimento (2011) reconhecem a relação de semelhança entre a temperatura de superfície e a temperatura do ar, mas ressaltam a necessidade de distinção em estabelecê-las, seja conceitualmente e/ou com a utilização dos diferentes parâmetros que o conhecimento climatológico proporciona. Sendo assim, Fialho (2009) salienta a heterogeneidade de ambas,

Enquanto a temperatura do ar é mensurada dentro do meio urbano, a temperatura de superfície é obtida pela leitura de sensores à distância, que captam a temperatura da superfície dos objetos, em uma área (dependendo da resolução) que corresponde a um pixel na imagem, é a soma das componentes individuais (árvores, vias, edifícios, zonas de sombra, etc.) ponderada por sua respectiva superfície, refletindo, portanto, a temperatura do elemento mais representativo que o compõe (FIALHO, 2009, p. 75).

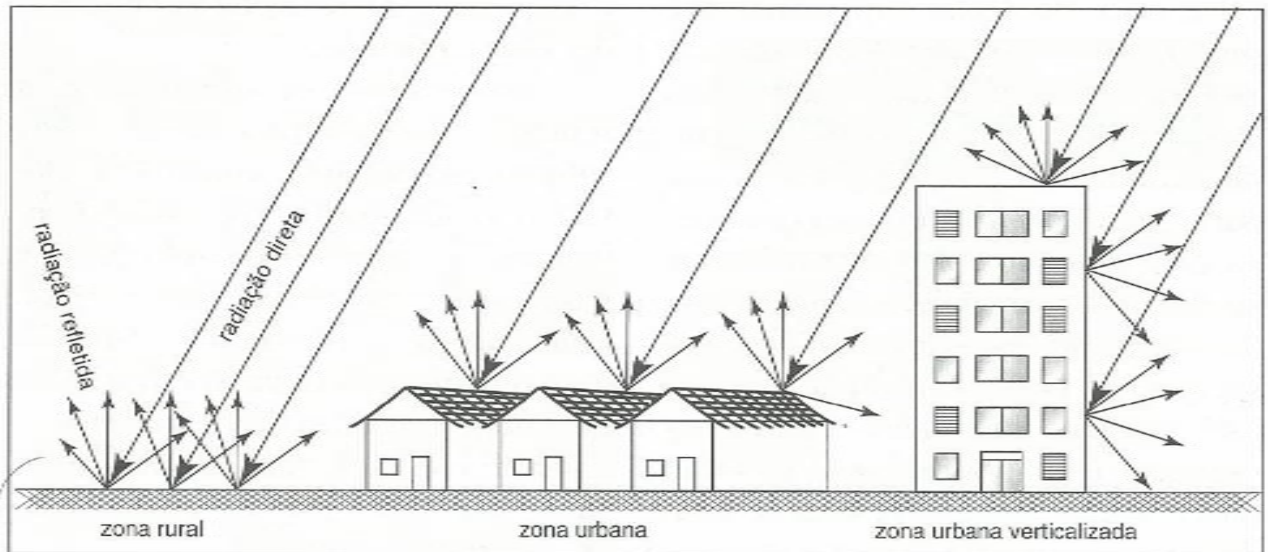
A temperatura aparente de superfície corresponde de acordo com as propriedades da radiação termodinâmica, ou seja, o balanço energético da superfície, nestes estão incluídas a umidade superficial, a admissão térmica, a emissividade e a entrada de radiação na superfície e atmosfera (OKE; VOOGT, 2003).

Sobre a radiação na superfície, a Figura 04 mostra a diferença da radiação direta (emitida pelo sol em determinado alvo) e a radiação refletida (quando determinado alvo reflete a energia emitida pelo sol, sendo mais comum a liberação desta no período noturno, alimentando a ilha de calor urbano) na zona rural e urbana e nos diversos corpos ou objetos existentes.

Conti (1998) concorda em que a intensidade das ilhas de calor “depende da forma arquitetônica de edifícios, da natureza dos materiais de construção, das cores das paredes, da densidade da área construída e de outros fatores” (1998, p. 44). A rugosidade das cidades, caracterizada tanto vertical quanto horizontalmente, pelas estruturas urbanas, tem influência direta no comportamento da radiação (Figura 04), bem como na geração ou não de ilhas de calor e nas suas intensidades.

Lombardo (1985) assinala que as ilhas de calor podem causar o aumento da precipitação nas cidades, destacando como contribuintes para este fenômeno “o efeito rugosidade das construções, o ar quente e o aumento dos núcleos de condensação” (1985, p. 26).

**Figura 04** - Diferença de radiação direta e radiação refletida em diferentes zonas



Fonte: CONTI (1998, p.44)

Sendo assim, podemos salientar que a intensidade das ilhas de calor está diretamente ligada à redução da evaporação; à radiação solar (que não é usada na evaporação e promove o aquecimento de ruas), ao tipo de edificação, à qualidade do ar das cidades; à rugosidade; à quantidade de solo exposto e à topografia. Aliada a todos esses fatores, pode-se acentuar a emissão noturna de radiação, na forma de calor, por parte dos materiais (construções, asfalto, etc) que compõem a área urbanizada (LOMBARDO, 1985; TEZA; BAPTISTA, 2005; BIAS, et, al, 2003).

Para Ayoade (2006), as ilhas de calor são originadas a partir de um conjunto bem mais amplo e complexo de elementos dos quais se destacam:

- 1 – a capacidade térmica de calor e a condutividade das superfícies urbanas que acarretam absorção da radiação durante o dia e sua liberação na atmosfera, à noite;
- 2 – o acréscimo de calor por combustão (carros e indústrias), aquecimento do espaço e metabolismo do corpo humano;
- 3 – a secura (impermeabilização/drenagem) das superfícies urbanas implica que não será usada muita energia para a evaporação. A maior parte da energia será usada para aquecer o ar. A secura das superfícies urbanas deve-se à remoção do escoamento superficial por sistemas de esgotos urbanos, por falta de extensa cobertura vegetal e ausência de lagoas ou reservatórios de água, nos quais possa ocorrer a evaporação/transpiração;
- 4 – a diminuição dos fluxos dos ventos por causa do efeito de fricção das estruturas urbanas reduz a troca de ar da cidade com o ar mais frio da zona rural circundante, afetando os processos evaporativos que podem contribuir para os resfriamentos;

5 – o efeito estufa da camada da poluição sobre as cidades também ajuda no desenvolvimento do fenômeno da ilha de calor urbano. Há redução na emissão da radiação terrestre infravermelha para o espaço à noite, de modo que a energia fica conservada dentro da atmosfera urbana, abaixo da camada de poluição (AYOADE, 2006, p. 302).

Na zona intra urbana, geralmente nas periferias próximas a zonas rurais ou de áreas verdes, observam-se as chamadas ilhas de frescor urbano, decorrentes da influência da vegetação e da menor densidade urbana (SAYDELLES, 2005).

A vegetação existente na cidade, como os parques e os bosques, tem influência direta no surgimento das ilhas de frescor, já que, por meio da “evapotranspiração, liberam vapores de água em seus arredores, o que aumenta a umidade relativa e diminui a temperatura do ar” (COLTRI, 2006, p. 116).

As grandes metrópoles são as áreas que mais enfrentam os problemas relacionados às Ilhas de Calor, entretanto cidades de médio e pequeno porte também merecem atenção. Estudos de Ortiz e Amorim, (2012) apontam que os efeitos negativos da urbanização em cidades de pequeno porte ainda podem receber ações eficazes e crescerem apoiadas em um planejamento ambiental urbano adequado.

Assim, o fenômeno das ilhas de calor urbano está intrinsecamente ligado às ações do ser humano com suas malhas urbana, que absorvem e conservam a radiação solar, contribuindo para a elevação de temperaturas e formação de ilhas de calor. Desse modo, fazem-se necessários estudos para compreender em que medidas as atividades humanas estão interferindo na dinâmica atmosférica e quais consequências estas podem ocasionar no clima urbano. Este tipo de pesquisa passou a ser facilmente realizada após o advento do sensoriamento remoto e das geotecnologias.

## **1.5 Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo das Ilhas de Calor**

As geotecnologias, empregadas neste trabalho para a identificação das ilhas de calor, são compreendidas como uma área do conhecimento geográfico que possibilitam a observação espacial, sendo utilizadas, principalmente, para estudos de alvos da superfície terrestre. O uso desta já é bastante significativo no Brasil, ferramenta de grande valia para a compreensão do ordenamento espacial em geral.

Rosa (2005) define Geotecnologias como sendo:

[...] o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias, são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia (ROSA, 2005, p.81).

O sensoriamento remoto é uma técnica inserida no eixo das geotecnologias, que se torna indispensável para imagear a superfície terrestre. Os conceitos sobre este, estão ligados ao processo de interação entre a radiação eletromagnética, considerada a peça fundamental das técnicas de sensoriamento remoto e os diferentes objetos dos quais se pretende extrair alguma informação (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

Para Novo (2008), o sensoriamento remoto pode ser definido como

(...) sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir registro de análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações (NOVO, 2008, p. 4).

Com a criação e o lançamento de vários satélites, nas últimas décadas, muitos dos estudos de clima urbano realizados têm base no sensoriamento remoto. O uso de tais técnicas colaborou para dar notoriedade aos estudos das ilhas de calor e anomalias térmicas (BARBOSA & VECCHIA, 2007).

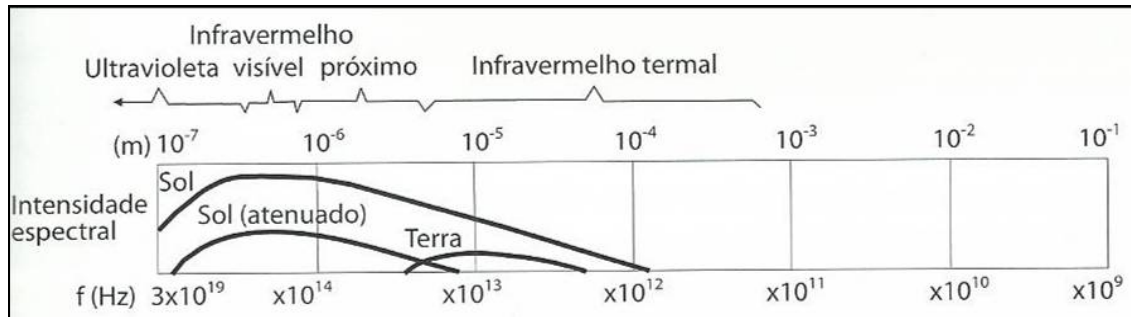
A maioria dos sensores remotos registram a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos alvos, mas, dependendo do objetivo da aplicação, podem registrar também outros tipos de energia como a termal (NISHIDA, 1998).

A banda do infravermelho termal, a qual é utilizada nos estudos do campo térmico (incluindo nesta pesquisa), registra os comprimentos de onda no intervalo de 3,0 - 20,0  $\mu\text{m}$  do espectro eletromagnético, “a energia desta porção é proveniente de vibrações moleculares decorrentes da temperatura dos corpos” (NOVO, 2008, p. 41). A Figura 05 representa a intensidade espectral do elemento Sol e Terra no intervalo de onda do infravermelho termal.

O infravermelho termal, componente contido em alguns satélites, é o que permite a capacidade de identificar a temperatura de superfície de um dado lugar. Pelo sensor do satélite, é registrado por pixel a intensidade da radiação eletromagnética que os vários objetos

da superfície emitem, resultando na sua emissividade e na temperatura em questão (FIALHO, 2009).

**Figura 05** - Espectro eletromagnético da radiação solar e terrestre



Fonte: FERREIRA (2006)

De acordo com Coltri (2006), os sensores que possuem a banda em questão, mensuram a temperatura de superfície terrestre aparente, com valor mais elevado, se comparado com a temperatura do ar. Assim, “os dados das imagens de satélite do infravermelho termal são capazes de fornecer temperatura qualitativa da cidade, ou seja, o desenho da temperatura local” (2006, p. 101).

Para compreender o fenômeno das ilhas de calor por meio das imagens de satélites, é necessário relembrar a Lei de Plank, que preconiza que “a emitância espectral de um corpo negro é uma função de sua temperatura e da frequência da radiação, podendo ser expressa matematicamente (...)” (VIANELLO; ALVES, 1991, p.158). Bias; Batista; Lombardo (2003) ressaltam que a captação dos fótons emitidos por um determinado objeto proporciona a avaliação de sua temperatura.

O albedo contribui para a identificação da temperatura de superfície, sendo ele “a relação da energia refletida sobre a incidente” (FERREIRA, 2006, p.19), ou seja, é a “capacidade que os corpos tem de refletir a radiação solar que incide sobre eles (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2006, p.35). Vale ressaltar que “o albedo da maior parte da superfície varia com o comprimento de onda e com o ângulo de incidência dos raios luminoso” (AYOADE, 2006, p. 27).

Os diferentes padrões de reflectividade dos objetos da superfície ocorrem de acordo com a cor e constituição do corpo. Neste sentido, Saydelles (2005) e Ayoade (2006) destacam que os objetos mais claros e secos correspondem a maiores albedos, por sua vez, objetos/corpos escuros absorvem mais radiação e refletem menos.

A Tabela 01 representa o albedo dado em porcentagem de diversas superfícies, chamam atenção as dunas de areia, concreto e campos de cultivos secos com os maiores albedos e florestas e campos naturais correspondem as menores medições.

Os materiais empregados na construção civil possuem albedo diferentes, variando com as características da cor e matéria de cada objeto, com isso, é possível identificar qual objeto reflete maior radiação solar na superfície das cidades.

**Tabela 01** - Albedo de superfícies

<b>TIPO DE SUPERFÍCIE</b>	<b>ALBEDO (%)</b>
Solo negro e seco	14
Solo negro e úmido	8
Solo nu	7 - 20
Areia	15 - 25
Dunas de areia	30 - 60
Florestas	3 - 10
Floresta deciduífólia	12 - 18
Floresta tropical úmida	7 - 15
Campos naturais	3 - 15
Savana	16 - 18
Campos de cultivos secos	20 - 25
Cana-de-açúcar	15
Cidades	14 - 18
Concreto seco	17 - 27
Madeira	5 - 20
Asfalto	5 - 10

**Fonte:** AYOADE (2006); MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA (2006)  
Org: GOMIDE (2016)

Na Figura 06, denota-se o albedo de vários materiais urbanos, sendo o telhado com pintura branca, o que possui maior albedo, e na vegetação, são encontradas as menores porcentagens deste.

Esses dados podem dar suporte para uma nova reestruturação da malha urbana, visando à implantação e aos objetos/elementos/materiais, com menores valores de albedo,

consequentemente, menos incidência de radiação refletida na superfície e maior conforto térmico.

No que tange aos estudos sobre a temática das ilhas de calor com o uso do sensoriamento remoto, o primeiro trabalho realizado pelo pesquisador Sigmund Fritz, em 1963 nos Estados Unidos, tratou de identificar a temperatura superficial por meio do sensoriamento remoto, e avaliou a temperatura aparente da superfície na área central do país em questão com o auxílio do satélite TIROS II. Outras pesquisas foram produzidas a partir de imagens do mesmo satélite, sendo o caso de Rao, em 1972, na região da Filadélfia, e de John C. Price em 1979, com dados orbitais do HCMM (HeatCapacity Mapping Mission) em Nova Iorque (NASCIMENTO, 2011).

**Figura 06** - Albedos de materiais urbanos



Fonte: EPA (2012)

Oke e Voogt (2003) efetuaram um levantamento das pesquisas climáticas desenvolvidas entre os anos 1980 e 2000, que tiveram como base as imagens obtidas por meio dos sensores termais, procurando identificar os pesquisadores que as realizaram, qual ou quais sensores utilizados e o principal objetivo das pesquisas (Figura 07). Os principais sensores usados, ao longo desse período, foram o Landsat TM e AVHRR (*Advanced Very*

*HighResolution Radiometer*), e a grande maioria das pesquisas buscam examinar a estrutura térmica urbana e/ou a relação do uso da terra (OKE; VOOGT, 2003).

**Figura 07** - Aplicações dos sensores remotos termais em estudos do clima urbano

Estudos	Plataforma-sensor	Aplicação
Balling e Brazel (1988)	AVHRR	Relação entre Temperatura da superf. e uso do solo urb.
Douset (1989)	AVHRR	Conexão entre Temp do ar e da superf. em áreas urbanas
Henry (1989)	HCMM	Análise das ilhas de calor usando sensoriamento remoto
Carnahan e Larson (1990)	LandsatTM	Diferenças resfriamento e aquecimento urbano-rural
Douset (1991)	AVHRR	Classif. Multiespectral do uso do solo urb. e temp.superf.
Johnson et. al.(1991)	Base-soloIRT	Modelos de ilhas de calor em superfícies urbanas
Eliasson (1992)	AGEMA	Correlação entre temp. da superf. e fator céu visível
Kim (1992)	Landsat TM	Modelagem do balanço de energia em áreas urbanas
Stoll e Brazel (1992)	Aircraft	Avaliação da relação temp do ar e superf. em áreas urb.
Gallo (1993a, 1993b)	AVHRR	Uso do NDVI no estudo das ilhas de calor urbano
Lee (1993)	AVHRR	Avaliação das ICU superf. e do ar nas cidades. Koreanas
Quattrochi e Ridd (1994)	TIMS	Respostas termais diurnas e noturnas das superf. urbanas
Shoshany (1994)	Termal Scanner	Extração de temp. no cume das casas na análise da ICU
Aniello (1995)	LandsatTM,	Distribuição espacial da temp. sup. urb. coberta p/o Veg.
Gallo e Tarpley (1996)	AVHRR	Uso do NDVI no estudo das ilhas de calor urbano
Lino e Hoyano (1996)	MSS	Modelagem de balanço energético usando Sens. Remoto
Lougeay et. al.	Landsat TM	Padrões de temp. associadas com o uso do solo
Nichol (1996)	Landsat TM	Padrão especial de temperatura da superfície em relação com a morfologia urbana
Lo et.al. (1997)	ATLAS	Relação entre dados termais e NDVI e cobert. dos solos
Nichol (1998)	Landsat TM	Incorporação das temp. da superf. com sensoriamento remoto e criação de repres. tri-dimensional das temp.urb.
Owen et.al. (1998)	AVHRR	Uso de dados termais e NDVI na análise das alterações das temperaturas urbanas
Voogt e Oke (1998)	AGEMA	Anisotropia termal em áreas urbanas
Carlson e Sanchez (1999)	AVHRR	Alterações dos microclimas urbanos associados com a urbanização.
Hafner e Kidder (1999)	AVHRR	Padrões SUHI e UHI associado com a inércia termal e disponibilidade de umidade
Hoyano et.al. (1999)	Base-solo, termal	Mensuração do fluxo de calor sensível dos edifícios
Parlow (1999)	Landsat TM	Modelag. Do balanço energia em áreas urb usando métodos multiespectrais
Wald e Baleynaud (2000)	Landsat TM	Avaliação da qualid. do ar usando sens.remoto termal
Quattrochi et. al. (2000)	ATLAS	Uso do sens remoto termal e SIG na avaliação das ICU
Voogt (2000)	AGEMA	Modelag. do fluxo de calor sens. e estimação da rugosidade termal da superf. usando sens. remoto termal e observações junto ao solo.
Voogt e Grimmond (2000)	AGEMA	Anisotropia termal urbana na escala local

Fonte: OKE; VOOGT (2003, p. 374) apud SAYDELLES (2005, p.67)

No Brasil, as pesquisas sobre ilhas de calor, tendo por base o sensoriamento remoto, iniciaram-se com os trabalhos de Lombardo em 1985, que se valeu das imagens do satélite NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration* para encontrar a temperatura térmica e do Landsat para mapear os usos do solo da metrópole Paulista.

Mendonça, em 1995, desenvolveu sua tese de doutorado sobre a cidade de Londrina, recorrendo a imagens do satélite NOAA/AVHRR para a identificação dos campos térmicos urbanos e imagens do satélite Landsat para a cobertura do solo e temperatura dos materiais urbanos. Amorim (2000) pesquisou o clima urbano de Presidente Prudente-SP, buscando auxílio com o mesmo satélite, para visualização do fenômeno das ilhas de calor.

Estudos dessa temática também foram realizados por Bias; Baptista; Lombardo (2003) servindo-se das imagens do satélite Landsat TM 5, para a identificação de ilhas de calor na cidade de Sobradinho-DF, apontam que houve variação de 9°C de um ponto para outro da cidade. Baptista (2002) também se dedicou a estudos com as mesmas imagens do satélite, nos anos de 1984 e 2001, para o Distrito Federal, constatando um aumento médio da temperatura de 3° C neste período.

Nas pesquisas de Saydelles (2006), efetuadas em Santa Maria –RS com imagens do satélite Landsat 7, foram encontradas formações de ilhas de calor urbanas de elevada magnitude, bem como amplitude térmica centro-periferia de 10°C às 12h.

Coltri (2006) colaborou com a pesquisa no município de Piracicaba-SP, pela qual identificou as ilhas de calor, sua sazonalidade, intensidade e morfologia, comparando-as à cobertura do solo existente por meio dos dados orbitais do Landsat 7. E Nascimento (2011) realizou uma análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010), por meio do satélite Landsat 5.

Os estudos mencionados permitem notar que o satélite Landsat foi o mais utilizado nas pesquisas para o estudo do campo térmico climático urbano no Brasil, isso em virtude da fácil acessibilidade às imagens que são distribuídas gratuitamente. Desta forma, nesta pesquisa, também serão utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e 8, devido ao motivo já mencionado anteriormente e pelos seus atributos como a banda infravermelha termal, fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa.

A série Landsat iniciou-se na década de 1960, desenvolvida pela Agência Espacial Americana - National Aeronautics and Space Administration (NASA), com o objetivo de observar e identificar os recursos naturais terrestres (EMBRAPA-MONITORAMENTO POR SATÉLITE, 2013; ROSA, 2007).

Em 1984, foi lançado o Landsat 5, cujo principal sensor era o TM (Thematic Mapper), possuindo sete bandas espectrais nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal, com resolução espacial de 30 metros e 120 metros para o canal termal (ROSA, 2007). Este foi o satélite mais longevo da série Landsat, que perdurou por, aproximadamente, vinte e

nove anos, contribuindo para o mapeamento temático da superfície voltado, essencialmente, aos recursos naturais, com mais de 2,5 milhões de imagens (NASA, 2015).

De acordo com a Tabela 02, a banda 6 correspondente ao infravermelho termal, que foi a principal banda empregada deste satélite para esta pesquisa, para a identificação da temperatura de superfície, apontando os valores de 10.4 a 12.5  $\mu\text{m}$  de resolução espectral do eletromagnético, com 120 metros de resolução espacial. As bandas 2 a 5 foram utilizadas para os procedimentos com o uso do solo neste trabalho, possuindo 30 metros de resolução espacial.

**Tabela 02** - Características do sensor TM

<b>Sensor TM (Thematic Mapper)</b>	<b>Bandas Espectrais</b>	<b>Resolução Espectral</b>	<b>Resolução Espacial</b>
<b>Landsat 4 e 5</b>	(B1) azul	0.45 a 0.52 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B2) verde	0.52 a 0.60 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B3) vermelho	0.63 a 0.69 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B4) infravermelho próximo	0.76 a 0.90 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B5) infravermelho médio	1.55 a 1.75 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B6) infravermelho termal	10.4 a 12.5 $\mu\text{m}$	120 metros
	(B7) infravermelho médio	2.08 a 2.35 $\mu\text{m}$	30 metros

**Fonte:** Adaptado EMBRAPA- monitoramento por satélite (2013)

O último satélite da série, o qual ainda está em funcionamento e o segundo empregado nesta pesquisa, foi o Landsat 8 ou o LDCM (Landsat Data Continuity Mission). Este foi lançado em órbita em 2013, e possuía dois sensores, sendo OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor), como exposto na Tabela 02 e 03.

**Tabela 03** - Características do sensor OLI

<b>Sensor OLI (Operational Land Imager)</b>	<b>Bandas Espectrais</b>	<b>Resolução Espectral</b>	<b>Resolução Espacial</b>
<b>Landsat 8</b>	(B1) costal	0.433 a 0.453 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B2) azul	0.450 a 0.515 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B3) verde	0.525 a 0.600 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B4) vermelho	0.630 a 0.680 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B5) infravermelho próximo	0.845 a 0.885 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B6) infravermelho médio	1.560 a 1.660 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B7) infravermelho médio	2.100 a 2.300 $\mu\text{m}$	30 metros
	(B8) pancromático	0.500 a 0.680 $\mu\text{m}$	15 metros
	(B9) cirrus	1.360 a 1.390 $\mu\text{m}$	30 metros

**Fonte:** Adaptado EMBRAPA- monitoramento por satélite (2013)

O sensor OLI imageia no espectro do visível (óptico) e apresenta-se com 9 bandas espectrais, sendo que a primeira trazia componentes também capazes de auxiliar no estudo costeiro, e a última (banda 9) pode ser usada para a detecção de nuvens do tipo cirrus, como se visualiza na Tabela 03 (EMBRAPA-MONITORAMENTO POR SATÉLITE, 2013). Foram utilizadas principalmente as bandas 6, 5 e 4 deste sensor para os procedimentos de uso do solo, todas com resolução espacial de 30 metros.

Já o sensor TIRS está a serviço das bandas termais, ou do infravermelho termal na banda 10 e 11 (foco deste trabalho), funcionando próximo do que era a banda 6 dos satélites que compunham o sensor TM e ETM (Tabela 04) (EMBRAPA-MONITORAMENTO POR SATÉLITE, 2013). As bandas termais possuem resolução espacial de 100 metros e com variação de 10.30 a 12.50  $\mu\text{m}$  de resolução espectral.

**Tabela 04** - Características do sensor TIRS

<b>Sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor)</b>	<b>Bandas Espectrais</b>	<b>Resolução Espectral</b>	<b>Resolução Espacial</b>
<b>Landsat 8</b>	(B10) LWIR - 1	10.30 a 11.30 $\mu\text{m}$	100 metros
	(B11) LWIR - 2	11.50 a 12.50 $\mu\text{m}$	100 metros

**Fonte:** Adaptado EMBRAPA- monitoramento por satélite (2013)

Alguns problemas de falhas de lançamento, falha no sensor, inatividade, entre outros, foram sofridos ao longo do tempo nos oito satélites Landsat lançados, o com mais tempo de funcionamento em órbita no espaço, foi o Landsat 5. Atualmente, o único em funcionamento é o 8, com tecnologia avançada, assim como os produtos gerados (imagens).

A série de satélites Landsat é um marco importante para o sensoriamento remoto no Brasil e no mundo, sobre o qual inúmeras pesquisas com foco notadamente ambiental surgiram. São mais de quarenta anos obtendo imagens espaciais, as quais são disponibilizadas gratuitamente no Brasil e podem ser utilizadas livremente em pesquisas como esta, sobre as ilhas de calor, por exemplo.

O geoprocessamento e sensoriamento remoto, auxiliando nos estudos ambientais, é uma parceria que já ocorre há tempos passados, com o uso da tecnologia avançada do período contemporâneo e estas pesquisas só tendem a se desenvolver, em termo de qualidade e inovação. É o que se pretende com esta pesquisa, baseando-se nas geotecnologias para o estudo climático, visando a diferentes formas e ferramentas de se estudar o clima na cidade de Uberlândia.

## **CAPÍTULO II**

## **2 MÉTODO DA PESQUISA**

O método no qual essa pesquisa se baseia foi desenvolvido por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1971), a partir da Teoria do Sistema do Clima Urbano (S.C.U). que tem a interação cidade x clima como o principal foco do estudo. Para melhor caracterizar esta relação, o mesmo autor propôs alguns subsistemas (já descritos no primeiro capítulo), e o termodinâmico se configura como a base para o desenvolvimento deste trabalho, que pretende compreender o campo térmico urbano, sobretudo o fenômeno das ilhas de calor.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, no que tange à identificação da temperatura de superfície e ilhas de calor por meio do sensoriamento remoto, recorreu-se, como referência teórica metodológica, aos seguintes autores: OKE; VOOGT, 2003; BIAS; BAPTISTA; LOMBARDO, 2003; COLTRI, 2006; MENDONÇA, 1994, NASCIMENTO, 2011, ORTIZ; AMORIM, 2012. Ressaltando que parte das metodologias propostas pelos autores sobre a mensuração de ilhas de calor, por meio do sensoriamento remoto, foram adaptadas para atender às especificidades deste trabalho.

Utilizando-se do método S.C.U, proposto por Monteiro (1971), e dos trabalhos dos autores mencionados no parágrafo anterior, pretendeu-se chegar a um diagnóstico sobre o campo térmico de superfície da cidade de Uberlândia para os anos de 2004 e 2014, tendo por base a escala microclimática. Este recorte temporal tem por objetivo comparar a evolução das ilhas de calor de Uberlândia no período de uma década.

### **2.1 Procedimentos Metodológicos**

Inicialmente, para compreender a temática, suas características e peculiaridades, realizou-se um apanhado bibliográfico sobre a climatologia, ilhas de calor e o estudo destas por meio do geoprocessamento e sensoriamento remoto.

O trabalho consiste em identificar a temperatura de superfície de Uberlândia – MG nos anos de 2004 e 2014, por meio da elaboração de mapas de temperatura, a fim de identificar as ilhas de calor na cidade. O mapa de NDVI foi elaborado para visualizar as áreas de vegetação e ausência desta e averiguar se há correlação com as ilhas de calor no perímetro urbano.

Em um resumo sucinto sobre os procedimentos metodológicos adotados (discutidos de forma mais completa nos tópicos a seguir), inicialmente, foi efetuada a aquisição e o tratamento das imagens dos satélites Landsat 5 e 8, com seus respectivos sensores TM;

OLI e TIRS, já enfatizados no capítulo 1. Após são ressaltados as fórmulas e os procedimentos utilizados no software Idrisi (Selva 17.0) para a identificação do campo térmico da área de estudos, assim como as ilhas de calor. Discorreu-se também sobre a correção atmosférica usada, a fim de constatar imagens com menor interferência de partículas da atmosfera.

Para identificar o uso do solo no perímetro urbano da cidade, mapeou-se o índice de NDVI, a fim de compreender se há vegetação ou adensamento de edificações em determinadas áreas, todos os dados foram processados no software Arc Gis 9.4 e Idrisi Selva 17.0.

## **2.2 Aquisição das Imagens**

Para a realização desta pesquisa, adotaram-se as imagens dos satélites Landsat 5 e 8, e o fato de esses dois satélites apresentarem a banda termal e atenderem ao recorte temporal aqui delimitado influenciou na escolha destes.

A partir disto, serão gerados mapas de temperatura de superfície do ano de 2004, baseados nas imagens da banda termal do satélite Landsat 5 (banda 6), e outro mapa, em 2014, recorrendo ao Landsat 8 (banda 10).

As imagens do Landsat 5 foram adquiridas através da homepage<sup>1</sup> do USGS (U.S. Geological Survey) de onde foram importadas as bandas 3, 4, 5 e 6. Do mesmo site, foram extraídas as imagens do Landsat 8 nas suas bandas 3, 4, 5 e 10. Na Tabela 05, encontram-se as informações sobre a data da passagem, ponto e órbitas das imagens utilizadas.

As imagens escolhidas datam do mês de junho (outono/inverno), em razão das condições atmosféricas mais estáveis<sup>2</sup>, sem significativa quantidade de nuvens, poeira, entre outros fatores, colaborando, assim, para um mapeamento mais acurado da realidade, no que se refere ao campo termal e a cobertura do solo (NASCIMENTO, 2010).

---

<sup>1</sup> <http://glovis.usgs.gov/>

<sup>2</sup> Apesar da escolha do mês com boas condições atmosféricas, foi realizado a correção atmosférica descrita adiante.

**Tabela 05** - Imagens utilizadas do satélite Landsat 5 e 8

<b>Sensor/Satélite</b>	<b>Órbitas/Pontos (O/P)</b>	<b>Datas de passagem/Satélite</b>	<b>Resolução Radiométrica/imagem</b>
<b>TM/Landsat 5</b>	221/73	18/06/2004	8 bits
<b>OLI e TIRS/Landsat 8</b>	221/73	30/06/2014	12 bits

Org:GOMIDE (2015).

Para utilizar estas imagens foram analisadas as características meteorológicas das variáveis de temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e pressão atmosférica, a fim de assegurar que não houve anomalia ou alteração no padrão das condições descritas no momento da tomada da imagem. Este procedimento é necessário para se constatar que a precipitação e os outros elementos não causaram interferência na reflectância e no albedo dos alvos no mapeamento do campo térmico.

Para isso foram analisados os três dias anteriores às datas escolhidas e um dia após, verificando que não ocorreu precipitação nos dias anteriores e após as datas selecionadas, e a temperatura não apresentou grandes variações, assim como os demais parâmetros. Isso é feito para assegurar que não ocorram influências e interferências no solo e, conseqüentemente, na temperatura, para a data escolhida.

Para caracterizar as condições meteorológicas das datas selecionadas, criou-se a Tabela 06, com dados cedidos pela estação meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia, localizada no perímetro urbano de Uberlândia-MG. Vale ressaltar que esses dados meteorológicos correspondem aos dias em que se obtiveram as imagens no horário das 15 horas.

**Tabela 06** - Condições meteorológicas das datas escolhidas para os mapeamentos

<b>Datas das imagens</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Precipitação</b>	<b>Umidade relativa</b>	<b>Pressão</b>	<b>Altitude</b>	<b>Vel. vento</b>
<b>18/06/2004</b>	24.4 °C	0.0	53	928	869 m.	Sem dados
<b>30/06/2014</b>	22.4 °C	0.0	54	920	869 m.	1.8 m/s Dir.163°

**Fonte:** Estação Meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia (2014).  
Org:GOMIDE (2015).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 06, verificou-se que ocorreu uma variação de 2.0 °C na temperatura, comparando os dois dias, na umidade e na pressão encontram-se valores sem significativas variações, haja vista que a precipitação não ocorreu em nenhuma das datas.

### 2.3 Tratamento das Imagens

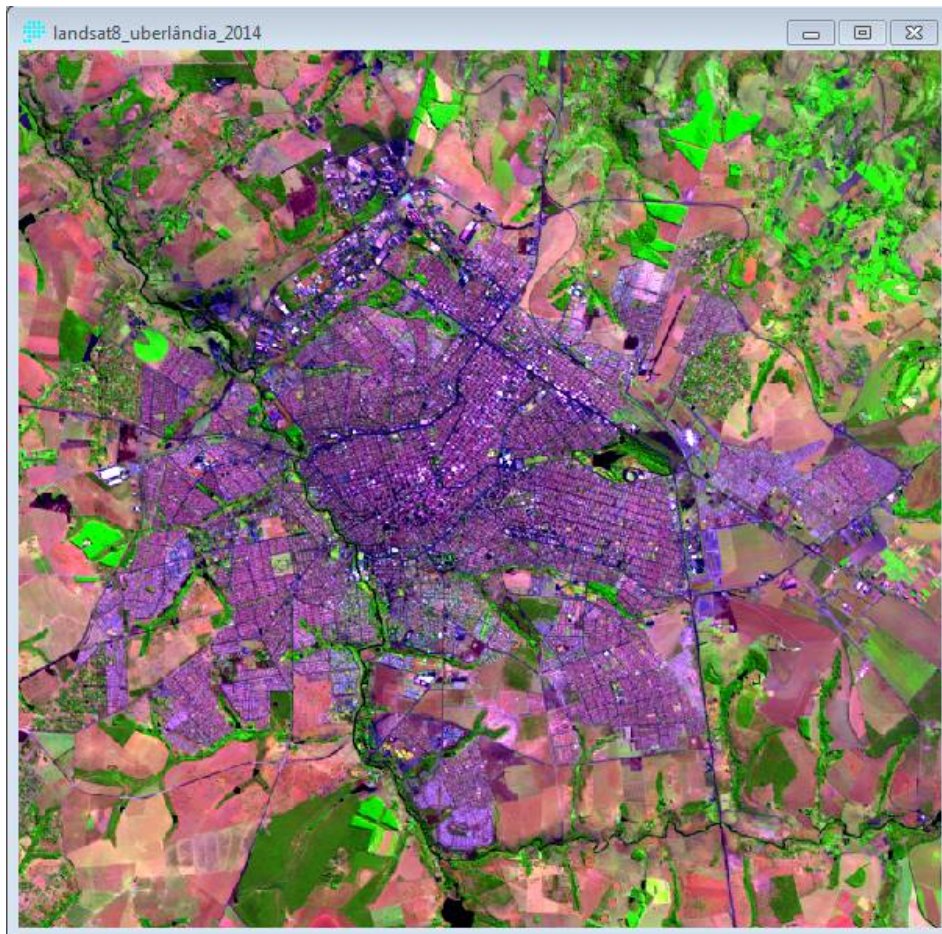
Após a coleta das cenas do satélite na homepage da USGS, iniciou-se seu tratamento no software Idrisi 17.0, realizando a importação das bandas 3, 4, 5 e 6 e as bandas 3, 4, 5 e 10 respectivamente do Landsat 5 e 8, através do *import – Geotiff/tiff*. Uma vez importadas as imagens, fez-se a composição colorida (falsa cor) R,G,B, correspondendo à banda 5 o vermelho, à 4 o verde e à 3 o azul do Landsat 5. Para o Landsat 8 utilizou-se a banda 4 para o azul, e à 5 para o verde e à 6 para o vermelho.

Para este procedimento de composição colorida, foi usada a ferramenta *Image Processing – Enhancement – Composite*, em que é necessário inserir as três bandas para a geração de uma imagem com a composição colorida de falsa cor. Após este procedimento, a mesma foi recortada por meio da ferramenta *Reformat- Window*.

No entanto, para a escolha do recorte, lembrando que o foco deste trabalho se refere à zona urbana de Uberlândia, o polígono de recorte da área de trabalho não se ateve apenas ao setor correspondente ao limite urbano. A imagem utilizada e recortada abrangeu a cidade e o meio rural contido em seu entorno. Isto principalmente, para realizar a comparação da temperatura entre os dois meios citados, atento ao fato de que o comportamento das ilhas de calor não sofre interferência apenas da cidade por si só, mas de outros elementos, como o meio natural circunvizinho (SAYDELLES, 2005). A área escolhida para se trabalhar segue identificada na Figura 08.

Por fim, as imagens foram inseridas no software ArcGis 10.0 para efetuar o georreferenciamento. Para tanto, selecionaram-se pontos de controle distribuídos em toda a imagem, os quais foram baseados na carta topográfica de Uberlândia (SE. 22-Z-B-VI), de 1984, com escala de 1:100.000, em formato digital, sendo base para o georreferenciamento das imagens obtidas do satélite Landsat. A malha urbana utilizada foi cedida pela Prefeitura Municipal de Uberlândia, já georreferenciada.

**Figura 08** - Área de estudo – Uberlândia/MG em 2014



Fonte: USGS<sup>3</sup> (2015).

## 2.4 Processamento do Campo Térmico

Para a análise do campo térmico, efetuada nesta pesquisa, foi seguida a metodologia utilizada por Amorim, Dubreuil e Sant’ana Neto, (2009). Para este procedimento, utilizou-se a banda 6 do Landsat 5 e a banda 10 do Landsat 8, e com as imagens já tratadas (recortas, mosaicadas e georreferenciadas), foram importadas novamente para o software Idrisi 17.0.

O cálculo para identificar a temperatura de superfície constitui em método empregado na conversão dos valores digitais dos níveis de cinza (DN) das imagens do infravermelho termal em radiância absoluta, posteriormente, a reflectância é obtida em temperatura em Kelvin e, finalmente, em Celsius (NASCIMENTO, 2010; COLTRI, 2006; COELHO; CORREA, 2013). Vale lembrar que o valor ou número digital (DN) é encontrado em cada pixel de uma imagem, correspondendo, na variação dos tons de cinza existentes, a 256 para o

---

<sup>3</sup> USGS (U.S. Geological Survey) adquirida em sua homepage <http://glovis.usgs.gov/>.

Landsat 5 (COLTRI, 2006) e a 4.096 variações de cinza para o Landsat 8. As equações e cálculos empregados estão disponibilizadas no Serviço Geológico Americano<sup>4</sup>.

Para melhor compreensão dos conceitos de grandezas radiométricas utilizados pelo sensoriamento remoto e abordados nesta pesquisa, segue a Tabela 07 com os símbolos, unidade de medida e conceito dos padrões de radiância; emissividade; reflectância, transmitância e absorptância.

**Tabela 07** - Grandezas radiométricas

<b>Grandeza</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidade de Medida</b>	<b>Conceito</b>
<b>Radiância</b>	L	Watt por esferorradiano, por metro quadrado ( $W\ sr^{-1}\ m^{-2}$ )..	Intensidade radiante por unidade de área normal à fonte, numa dada direção.
<b>Emissividade</b>	â	Adimensional	Razão entre a excitância de um material e a excitância do corpo negro (bb).
<b>Reflectância</b>	ñ	Adimensional	Razão entre o fluxo refletido e o fluxo incidente sobre a superfície
<b>Transmitância</b>	ñ	Adimensional	Razão entre o fluxo transmitido e o fluxo incidente sobre a superfície.
<b>Absortância</b>	á	Adimensional	Razão entre o fluxo absorvido e o fluxo incidente sobre a superfície

**Fonte:** SLATER, 1980 apud NOVO, 2008.

**Org:** GOMIDE (2016)

Dumke (2007, p. 246) explica a sequência a seguir para obter a temperatura de superfície, a mesma de que se valeu este trabalho,

- Os valores de níveis de cinza (NC) da imagem são, primeiro, convertidos para radiância espectral, por meio dos parâmetros de radiância calibração absoluta de pós-lançamento do sensor TM. Os valores de radiância espectral obtidos são, então, transformados em reflectância aparente;
- A estimativa das temperaturas da superfície terrestre, em graus Kelvin, por radiometria, baseia-se nas Leis de Stefan-Boltzman e Lei de Plank. Com base nos valores estimados de emissividade obtêm-se a temperatura da superfície mediante a inversão da equação de Plank para corpos radiadores seletivos;
- Gera-se a grade de temperatura da superfície mediante a transformação de graus Kelvin para graus Celsius (°C), subtraindo os valores de T de 273,16 (DUMKE, 2007, p. 246).

<sup>4</sup> Cálculo de radiância disponibilizadas na homepage: [http://landsat.usgs.gov/how\\_is\\_radiance\\_calculated.php](http://landsat.usgs.gov/how_is_radiance_calculated.php).

De acordo com a Lei de Plank, quanto maior a temperatura de um comprimento de onda, maior será o volume de energia emitida por esse corpo negro (COLTRI, 2006, BAPTISTA, 2003). Como afirmam Vianello e Alves (1991, p.158), “a emitância espectral de um corpo negro é uma função de sua temperatura e da frequência da radiação, podendo ser expressa matematicamente [...]”.

A equação para a conversão dos níveis de cinza para radiância pode ser expressa da seguinte maneira:

$$L\lambda = ML * Qcal + AL$$

Onde:

- L $\lambda$**  - Radiância Espectral do sensor de abertura em Watt/(m<sup>2</sup>sr $\mu$ m)
- ML** - Fator multiplicativo de redimensionamento da banda thermal
- AL** - Fator de redimensionamento aditivo específico da banda thermal
- Qcal** - Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda thermal

Um novo projeto foi criado no software, e as bandas termiais importadas, a primeira equação para a conversão dos níveis de cinza para radiância foi aplicada com o auxílio da calculadora *Image Calculator*. A equação para se chegar ao valor de radiância também pode ser expressa da seguinte maneira:

$$L\lambda = ((L_{max\lambda} - \lambda L_{min}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + L_{min}\lambda$$

- L $\lambda$**  - Radiância espectral em sensor de abertura de em Watts/(m<sup>2</sup>sr $\mu$ m)
- QCAL** - Valor de pixel quantizado e calibrado em DN
- L $_{min}\lambda$**  - A radiância espectral que é dimensionado para QCALMIN em Watts
- L $_{max}\lambda$**  - A Radiância espectral que é dimensionado para QCALMAX
- QCALMIN** - O valor mínimo do pixel quantizado e calibrado (correspondente a L $_{min}\lambda$ ), em DN
- QCALMAX** - O valor máximo quantizado e calibrado de pixel (correspondente a L $_{max}\lambda$ ), em DN

Para o processamento da imagem Landsat 5 de 18 de Junho de 2004, empregaram-se os valores, expressos na fórmula:

$$L\lambda = ((15.302-1.237)/(255.0-1.0))*(banda\ 6-1.0)+1.237$$

Esses valores podem variar, dependendo do satélite e/ou sensor adotados, data de imageamento, dados obtidos nas imagens, entre outros (DUMKE, 2007). Para o Landsat 5 e Landsat 8, foram obtidos os números utilizados na equação que segue, por meio do arquivo de *metadados* em que é feito o download juntamente com a imagem no portal da USGS, lembrando que a cena trabalhada com o L8 foi dia 30 de junho de 2014:

$$L_{\lambda} = ((22.001 - 0.100) / (65535.0 - 1.0)) * (\text{banda } 10 - 1.0) + 0.100$$

Chegado ao valor de radiância, por meio da fórmula anteriormente expressa, pode-se partir em busca da temperatura de superfície que será expressa em Kelvin, para tanto, pode-se valer da seguinte equação:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad \text{Onde:}$$

**T** = temperatura efetiva registrada pelo sensor do satélite em Kelvin;

**K2** = constante de calibração 2,

**K1** = constante de calibração 1,

**L** = radiância espectral em Watts/( m<sup>2</sup> sr μm)

Esta equação também pode ser expressa da seguinte maneira:

$$K2 / \ln(k1/[imagem]) + 1$$

Onde:

**K2 e K1** - As constantes do satélite

**Ln** - Logaritmo

Os valores das constantes K1 e K2 do satélite Landsat 5 são encontrados no site do USGS<sup>5</sup>, sendo elas, respectivamente, 607.76 e 1260.56. As constantes do satélite Landsat 8, estão disponíveis no arquivo *metadados* que acompanha a imagem quando adquirida, são elas K1 = 774.89; K2 = 1321.08. Diante disto, seguem os valores utilizados:

Para o Landsat 5       $1260.56/\ln(607.76/\text{imagem})+1$

Para o Landsat 8       $1321.08/\ln(774.89/[\text{imagem}])+1$

Por fim, para se obter a temperatura em graus Celsius, torna-se necessário subtrair o valor de -273.15 dos valores da imagem anteriormente gerada com a temperatura na escala de Kelvin, para, por fim, chegar ao resultado da temperatura de superfície (atmosférica). Porém os resultados obtidos não se mostram confiáveis sem a realização da correção atmosférica nas imagens, o que será mais bem explicado no tópico que segue.

## 2.5 Correção Atmosférica

A atmosfera pode causar interferência nas imagens de satélite, sobretudo, a diferenciação dos alvos em superfície. Nota-se que “os principais efeitos da atmosfera sobre as imagens (...) são a redução do contraste entre os alvos, (...) e a não separação dos alvos que apresentam reflectância muito próximas” (ROSA, 2007, p.202).

Diante disto, é necessário realizar a correção atmosférica, especialmente quando se deseja obter informações de reflectância, emitância ou retroespalhamento, para modelos empíricos de determinados objetos, e quando há a comparação de imagens em diferentes datas realizando um período temporal (NOVO, 2011).

De acordo com o exposto, fica clara a necessidade da correção atmosférica para este trabalho, cujo objetivo é encontrar a temperatura de superfície. Tal fato é mais proeminente em função de se objetivar em analisar duas diferentes datas de imagens.

Steinke (2004, p. 56) salienta que, caso a correção não seja efetivada, pode ocorrer “contestação dos valores de incremento de temperatura encontrados”. Relatos de Voogt e Oke (1998) *apud* Ummus et al. (2008) apontam que a não utilização desta, pode gerar erros de 4 a 7° C na temperatura obtida.

---

<sup>5</sup> Site da USGS onde é disponibilizado as constantes do satélite Landsat 5  
<<http://Landsathandbook.gsfc.nasa.gov>>

A correção para a reflectância absoluta depende de dados de calibração registrados pelo satélite em órbita, como dados de transferência radiativa, emissividade de superfície, entre outros (NOVO, 2011; COLL et al., 2010).

Para que seja possível a obtenção desses dados, foi criado um modelo computacional de transferência atmosférica pela NASA, denominado *Atmospheric Correction Parameter Calculator*<sup>6</sup>, empregado neste trabalho para obter os dados necessários para a correção atmosférica.

Uma peculiaridade sobre este modelo computacional, é que só realiza o processamento dos dados do ano de 2000 em diante, e isto foi fator prioritário para a escolha do período temporal que este trabalho abrange (2004 e 2014), não sendo possível desenvolver estudos com datas anteriores ao ano de 2000 com este método de correção atmosférica.

Esse programa computacional consegue gerar dados de transferência radiativa atmosférica para as bandas termais dos sensores TM, ETM+ e TIRS, recorrendo à tecnologia MODTRAN-4, a partir da interpolação com padrões atmosféricos relacionados aos dados coletados no local que se deseja, constando características de superfície do dia como: data; hora; local; latitude; longitude; altitude; temperatura; pressão; umidade relativa e estação vigente (COLL et al., 2010).

Os dados referentes à hora da passagem do satélite no Landsat 5 e 8 são obtidos mediante o arquivo *metadados*, que vem compactado juntamente com as bandas baixadas da imagem que se deseja. Os outros dados necessários são os meteorológicos (Tabela 08), precisando de uma estação na área de estudo, todos os dados solicitados neste âmbito devem ser preenchidos. Na tabela 08 consta todos os valores empregados e inseridos no programa *Atmospheric Correction Parameter Calculator*.

Os dados gerados pelo programa *Atmospheric Correction Parameter Calculator* foram: transmissão atmosférica, radiância de ressurgência e subsidência, que são necessários para realizar a correção atmosférica da imagem.

---

<sup>6</sup> Disponibilizado na homepage <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov>.

**Tabela 08** - Atributos meteorológicos e físicos da área de estudo utilizados na calculadora de correção atmosférica da NASA - *Atmospheric Correction Parameter Calculator*

Satélite	Data	Hora	Lat/Long	Alt. Km	Temp.	Umidade Relativa	Pressão
Landsat 5	18/06/2004	12:56	-18.5501 -48.1518	0,86900	24,0	53	928
Landsat 8	30/06/2014	13:15	-18.5501 -48.1518	0,86900	22.4	54	920

Org: GOMIDE (2015)

Os valores resultantes da interpolação efetuada pela calculadora de correção atmosférica, para a imagem de 18/06/2004 - Landsat 5, foram:

- Band average atmospheric transmission: 0,76
- Effective bandpass upwelling radiance: 1,85 W / m<sup>2</sup> / sr / um
- Effective bandpass downwelling radiance: 2,97 W / m<sup>2</sup> / sr / um

E para a imagem de 30/06/2014 - Landsat 8, foram:

- Band average atmospheric transmission: 0,80
- Effective bandpass upwelling radiance: 1,55 W / m<sup>2</sup> / sr / um
- Effective bandpass downwelling radiance: 2,56 W / m<sup>2</sup> / sr / um

Para realizar a correção atmosférica da banda termal, é imprescindível inserir os dados apresentados na seguinte equação (COLL et al., 2010).

$$CVR_{R2} = \frac{CVR_{R1} - L \uparrow}{\epsilon \tau} - \frac{1 - \epsilon}{\epsilon} L \downarrow$$

Onde:

**CVR2** – is the atmospherically corrected cell value as radiance

**CVR1** - is the cell value as radiance from section 1

**L ↑** - is upwelling radiance

**L ↓** - is downwelling radiance

**τ** - is a transmittance

**ε** - is emissivity (typically 0,95)

Esta fórmula também pode ser expressa no software Idrisi Selva da seguinte maneira:

$$\frac{(\text{Imagem feita anteriormente} - \text{UpRadiance})}{(\text{Emissividade} * \text{Transmitância})} - (0.05263 * \text{DownRadiance})$$

Inserindo os dados adquiridos da interpolação realizada pela calculadora de correção atmosférica, na equação acima, os valores para o cálculo de cada imagem para o fim do processo de correção atmosférica estão expressos em:

$$\text{Landsat 5: } ((\text{imagem} - 1.85) / (0.95 * 0.76)) - (0.05263 * 2.97)$$

$$\text{Landsat 8: } ((\text{imagem} - 1.55) / (0.95 * 0.80)) - (0.05263 * 2.56)$$

Ressalta-se que é preciso chegar ao valor de radiância e, só após realizar a correção atmosférica, calcular a temperatura em Kelvin e, finalmente, converter em Celsius.

## 2.6 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)<sup>7</sup>

O processamento digital de satélites voltado para o âmbito da vegetação em locais urbanos, vem sendo muito utilizado, sobretudo o NDVI, particularmente nos médios e grandes centros que possibilitam indicar parâmetros como a evaporação e capacidade térmica da superfície (VALESCO et al. 2007; UMMUS et al. (2008).

Liu (2006) salienta que,

Geralmente, a superfície da vegetação absorve a radiação na faixa de visível, (VIS - de 0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$ ) e reflete na faixa de infravermelho próximo (NIR - de 0,725 a 1,10  $\mu\text{m}$ ). Nesse caso, o índice de vegetação pode ser uma razão, diferença ou várias combinações entre os valores de reflectância de VIS e NIR. Um índice de vegetação ideal deve ser sensível à vegetação, insensível ao fundo do solo e não tem interferências atmosféricas (LIU, 2006, p.220).

O mesmo autor relata que o índice de vegetação da diferença normalizada, ‘foi proposto por Rouse et al. (1973)’, sendo calculado pela “diferença de reflectância entre a faixa de NIR e a de VIS, essa diferença é normalizada pela divisão da soma das faixas de NIR e VIS” (LIU, 2006, p.220).

<sup>7</sup> Normalized Difference Vegetation Index.

Para o levantamento dos índices do NDVI, a equação para o cálculo é a seguinte:

$$\text{NDVI} = \text{IVP} - \text{V} / \text{IVP} + \text{V}$$

Onde:

- (1) IVP: valor da reflectância da banda no Infravermelho próximo
- (2) V: valor de reflectância da banda no vermelho

Para o satélite Landsat 5, utiliza-se a banda 3 para o vermelho e 4 para o infravermelho, ficando da seguinte forma:

$$\text{NDVI} = \text{banda 4} - \text{banda 3} / \text{banda 4} + \text{banda 3}$$

E para o satélite Landsat 8, a banda 4 para o vermelho e a 5 para o infravermelho, transformando a equação na seguinte expressão:

$$\text{NDVI} = \text{banda 5} - \text{banda 4} / \text{banda 5} + \text{banda 4}$$

Para a realização dos cálculos e mapeamento do NDVI da cidade de Uberlândia, foi utilizado o software Arc Gis 9.4, com a ferramenta *raster calculator*.

O NDVI atua por meio do comportamento espectral do uso do solo, seu resultado varia de -1 a +1, sendo que os “valores negativos representam as nuvens e água, e ao redor de zero representam solo nu ou sem vegetação. O valor de NDVI maior que zero representa a vegetação” (LIU, 2006, p.220).

A partir do resultados do NDVI na imagens, estes foram relacionados com os resultados da temperatura de superfície alcançados, possibilitando compreender se as áreas com maiores temperaturas estão correlacionadas, ou não, à falta de vegetação e se esta vegetação é capaz de amenizar o calor em lugares específicos que possuem a sua presença.

Outros índices que auxiliam na compreensão e na relação entre a temperatura de superfície com o padrões de cobertura do uso do solo podem ser encontrados na literatura relacionada ao tema, contendo vastas referências (Ummus et al. 2008); entretanto, optou-se por aplicar o NDVI, pois atende às necessidades dessa pesquisa.

## **CAPÍTULO III**

### 3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E URBANA DA ÁREA DE ESTUDO

Para a caracterização do comportamento das ilhas de calor urbano, faz-se necessário analisar a malha urbana de Uberlândia. Este fenômeno climático sofre influência direta da forma de utilização do solo, no caso das cidades, os bairros com adensamento populacional, construções civis, indústrias, loteamentos, entre outros, contribuem positivamente (dependendo da sua infraestrutura) para a formação das ilhas de calor.

Neste tópico será tratada, inicialmente, a caracterização climática de Uberlândia, suas médias pluviométricas e de temperaturas. Também serão abordadas as massas de ar que atuam na região, que são influenciadoras nos parâmetros meteorológicos da cidade. É importante ressaltar as características climáticas e meteorológicas da cidade, a fim de se ter maior entendimento para a explicação da dinâmica das ilhas de calor urbana, suas interferências e ocorrências.

Na sequência, será exposto o processo da expansão urbana de Uberlândia, desde o início do século XX até a década de 1960, que coincidiu com a construção de Brasília. É mostrado no início nos anos de 1920, a forma da ocupação do espaço, sua economia e, especialmente, a evolução urbana e populacional sofrida. Isto é proveniente, sobretudo, da construção de Brasília, o êxodo rural, os incentivos governamentais nos setores industriais e a vinda de imigrantes de outros estados e da região para a cidade.

Finalizando o capítulo, é mostrada a expansão urbana nas décadas de 1970 até o ano 2000. É época em que Uberlândia já era consolidada como importante cidade da região e do estado, com expansão urbana verticalizada e horizontal, desordenada e em ascensão.

Espera-se que a caracterização urbana da cidade ajude a compreender a dinâmica das ilhas de calor, para isto, é preciso conhecer a expansão da cidade até os anos pesquisados neste trabalho, que serão contemplados no próximo capítulo.

#### 3.1 Características Climáticas de Uberlândia

O clima de Uberlândia é considerado Tropical semi-úmido, tendo duas estações bem definidas, o verão com temperaturas elevadas e chuvoso, e o inverno seco. De acordo com Koppen, o clima da região é classificado como *Awa*, a temperatura média é em torno de 23 °C e a pluviosidade 1.500 mm ao ano (QUEIROZ, 2012).

No que se refere às temperaturas, os meses mais quentes estão concentrados no período de Setembro a Março, sendo Outubro o mês mais quente, com média de 24.4 °C. No

inverno, ocorrem as temperaturas mais amenas, os meses mais frios são Junho, com 19.9 °C e Julho com média de 20.1 °C. As médias climatológicas para a cidade de Uberlândia referentes ao período de 1980-2010 podem ser visualizadas Tabela 09.

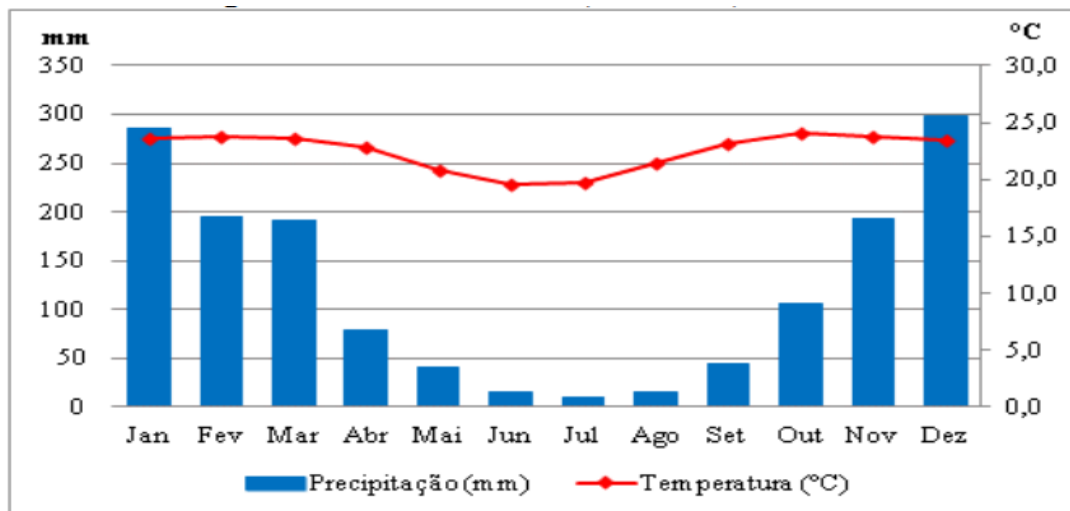
**Tabela 09** - Temperaturas médias mensais e anuais de Uberlândia (1980-2010)

Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Média
Uberlândia	23,9	24,0	23,9	22,7	20,8	19,9	20,1	21,5	23,6	24,4	24,0	23,7	22,7

Fonte: ROLDÃO; ASSUNÇÃO (2012). Adaptada por: GOMIDE (2015).

A pluviosidade na região é intensa nos meses de Outubro a Março, chovendo 86% do total de precipitação anual, as maiores médias pluviométricas são registradas no mês de Dezembro, chegando até a 300 mm (média), os 14% restantes são responsáveis pelos meses de estiagem. O período mais seco ocorre de Abril a Setembro, com médias de 11 milímetros no mês de Julho, com o menor índice de precipitação, conforme o Gráfico 01 (QUEIROZ, 2012).

**Gráfico 01** - Climograma do município de Uberlândia -1975 a 2010



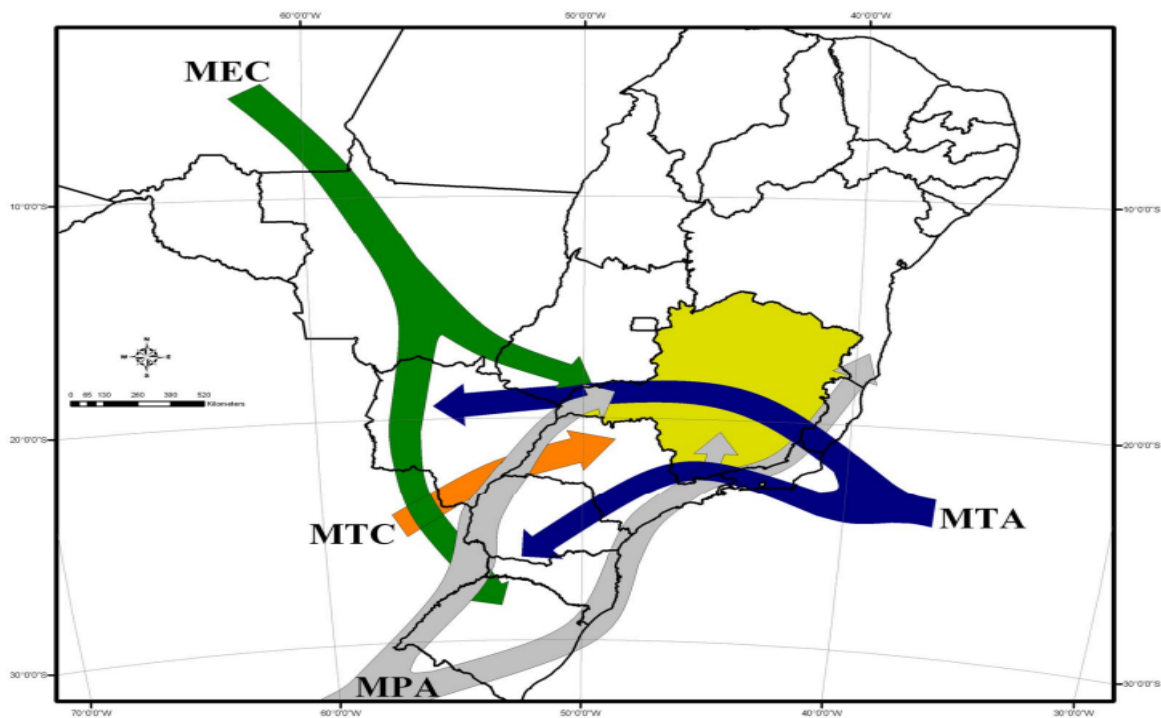
Fonte: QUEIROZ (2012).

Os sistemas produtores dos tempos atuantes na região são as massas de ar Equatorial Continental; Tropical Atlântica; Tropical Continental e Polar Atlântica (Figura 09).

Suas características estão descritas a seguir, de acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007).

- Massa de ar equatorial continental (MEC): proveniente da região Amazônica, caracteriza-se por apresentar alta umidade e temperatura, atuando na região principalmente no verão;
- Massa tropical atlântica (MTA): originária nos centros de alta pressão do Atlântico sul, também possui a característica de ser úmida e quente, atua ao longo do ano, mas particularmente no verão, causando fortes ondas de calor;
- Massa tropical continental (MTC): forma-se no centro do continente sul americano e atua na região durante o inverno, deixando o tempo seco e quente;
- Massa Polar Atlântica (MPA): possui formação no extremo Sul da América do Sul (Patagônia) e é responsável por massas de ar frias, com temperaturas baixas e pouca umidade. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

**Figura 09-** Massas de ar que atuam no estado de Minas Gerais



Fonte: NOVAIS (2011).

Silva e Assunção (2002) ressaltam que, no verão, na região de Uberlândia, nota-se a presença das “massas de ar Tropical Continental e Equatorial Continental, produzindo maiores amplitudes térmicas. Com a chegada do Sistema frontal e da Massa Polar, os sistemas atmosféricos tendem a homogeneizar a temperatura e a umidade” (2002, p. 980).

Já no inverno, de acordo com Mendes e Queiroz (2011), a região registra variação de dias com temperaturas elevadas em decorrência da influência da MTAc e dias com

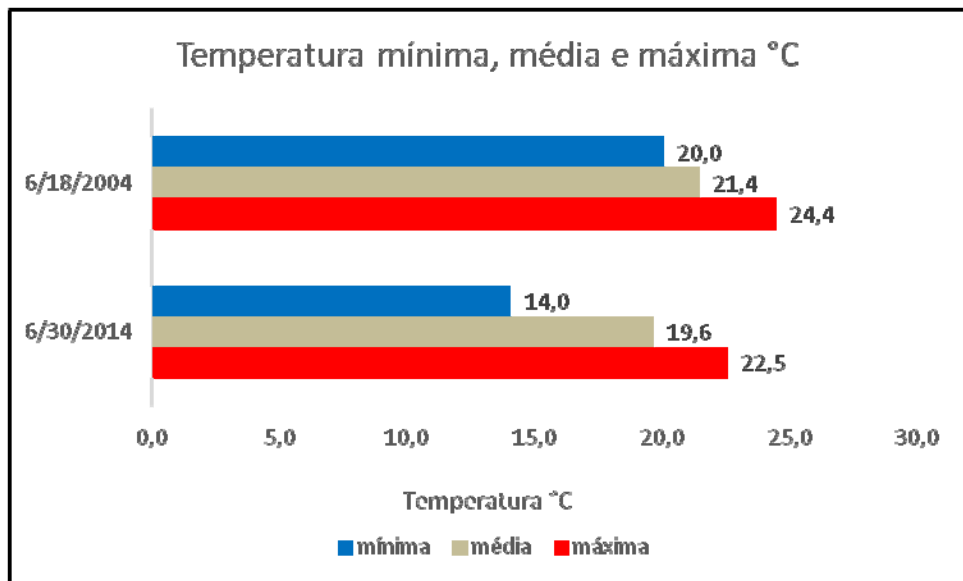
temperaturas amenas, causada pela atuação da MPA. Na atuação destas duas massas de ar, nota-se a escassez de umidade e precipitação,

Neste período, observa-se uma total ausência da depressão continental, produzindo, pelo contrário, um fraco anticiclone térmico sobre o Uruguai e o sul do Brasil, facilitando o avanço de dois sistemas principais: MTAc, responsável, no inverno, por das de temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar, e a MPA, que acarreta a formação de frentes frias que chegam a causar algumas pancadas de chuvas na região. Posteriormente à passagem do sistema frontal, percebe-se uma queda brusca na nebulosidade, na temperatura e na umidade relativa do ar (MENDES; QUEIROZ, 2011, p. 337).

A influência das massas de ar é determinante em vários fatores meteorológicos, sobretudo na temperatura. De acordo com as datas escolhidas para este estudo, fez-se a média da temperatura mensal para o período de 2004 à 2014. Ao longo destes dez anos, percebe-se que a temperatura média é de 23.0 °C, sendo que outubro é o mês mais quente, chegando a quase 25.0 °C. No inverno, estas ficam mais amenas, em torno dos 21.0°C, sendo julho o mês mais frio com temperatura de 20 °C. No geral, as temperaturas médias variaram de 20.0 a 24.0 °C ao longo desses dez anos.

Relacionado à especificidade da temperatura do ar nas datas de escolha deste trabalho (18/06/2004 e 30/06/2014), realizou-se o Gráfico 02, que mostra a temperatura mínima, média e máxima de cada dia nos dois anos. Em 18 de Junho de 2004, percebem-se temperaturas mais elevadas (se comparadas a data de 30/06/2014), sendo a máxima 24.4 °C e a média do dia 21.4 °C. Em 30 de Junho de 2014, a temperatura máxima é de 22.5 °C e a média 19.6 °C. Verifica-se que a temperatura máxima da data de 30/06/2014 foi 1.9 °C mais ameno que no dia 18/06/2004 e a temperatura média da data de 2014 foi 1.8 °C a menos que a da data de 2004. Chama a atenção a temperatura mínima do dia de 30/06/2014 ser de 14 °C, 6.0 °C a menos que a temperatura mínima da data de 2004.

**Gráfico 02** - Temperaturas mínimas, médias e máximas das datas de 18/06/2004 e 30/06/2014 na cidade de Uberlândia.



**Fonte:** Universidade Federal de Uberlândia – Laboratório de climatologia (2015)/Org: GOMIDE (2015)

Ressalta-se a necessidade da realização da análise rítmica para os trabalhos envolvendo a climatologia, porém, nesta pesquisa não foi efetuada em virtude da falta de dados meteorológicos completos para a data de 18/06/2004, tornando inviável e incompleta a realização desta análise. Também, sugere-se, para novos estudos, a identificação das massas e sistemas atuantes nas datas escolhidas.

Para o estudo das ilhas de calor em Uberlândia, deu-se preferência para o período de inverno, como já salientado no capítulo 01, pela boa condição atmosférica, com menos nebulosidade nas imagens e menor influência das chuvas na amenização das temperaturas de superfície, além das temperaturas não estarem elevadas, como no verão (23.0 a 25.0 °C).

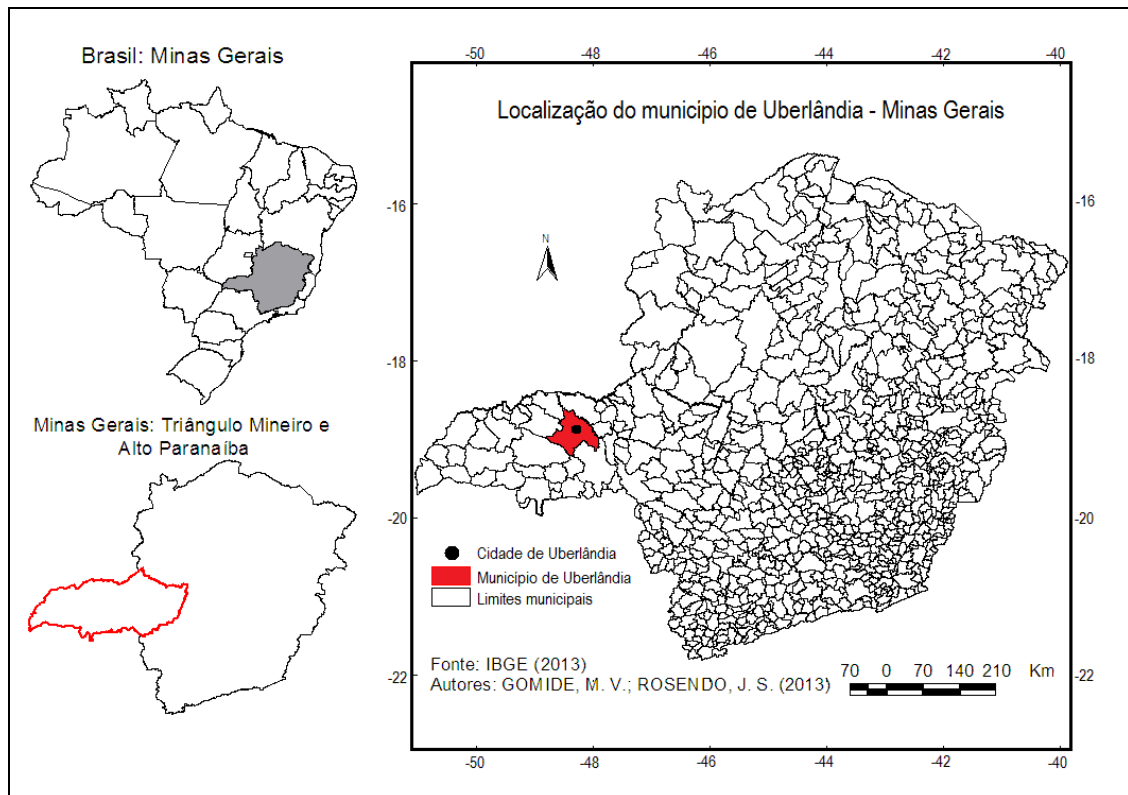
### 3.2 Expansão Urbana de Uberlândia: Início do Século XX à Construção de Brasília

Para compreender o fenômeno das ilhas de calor em Uberlândia, além da necessidade de contemplar os fatores climáticos, também é importante ter conhecimento do uso da terra da localidade em questão. Isso porque, como já debatido anteriormente, os diversos materiais de superfície respondem de forma diferenciada à radiação solar.

Para a compreensão desses usos, como estamos analisando o período de uma década, faz-se oportuno pensar em como eles evoluíram ao longo do tempo, sendo assim, será realizada uma breve análise da evolução histórica do aglomerado urbano de Uberlândia.

O município de Uberlândia pertence ao Estado de Minas Gerais, mais precisamente, na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, caracterizada na Figura 10. Uberlândia é a principal cidade no quesito socioeconômico e urbanização da mesorregião, tendo localização estratégica e favorável na região e no país, em geral. É o município mais populoso e o terceiro maior em extensão territorial do Triângulo Mineiro.

**Figura 10** - Localização do município de Uberlândia no estado de Minas Gerais



De acordo com Martins (1998), já nas primeiras décadas do século XX, eram notórias as transformações no espaço sofridas pelo desenvolvimento da região. Naquela época, surgia uma sólida estrutura urbana, juntamente equipada com sistemas de comunicações, energia e, notadamente, de transporte.

Nessa fase inicial, nos anos 1920, Uberlândia teve uma expansão urbana semelhante à de outras cidade brasileiras,

[...] ocorreu de maneira natural, sendo feita ao longo de córregos, ferrovias e rodovias. Foi nessa mesma época que surgiu no cenário uberlandense a figura do agente imobiliário que começou a impor uma nova estrutura de ocupação para a cidade (SILVA; FILHO 2012, p.72).

Nesse período, o crescimento populacional e urbano foi intensificado com a chegada de indústrias, devido, mormente, ao incentivo governamental.

Nas décadas de 20 e 30, iniciou-se o processo de industrialização de Uberlândia, impulsionado pelo ritmo da urbanização. As primeiras instalações industriais buscaram se localizar em áreas periféricas, “nas saídas da cidade”, o que constituiu, por sua vez, estímulo à expansão urbana (LOPEZ; RAMIRES, 2012, p. 6).

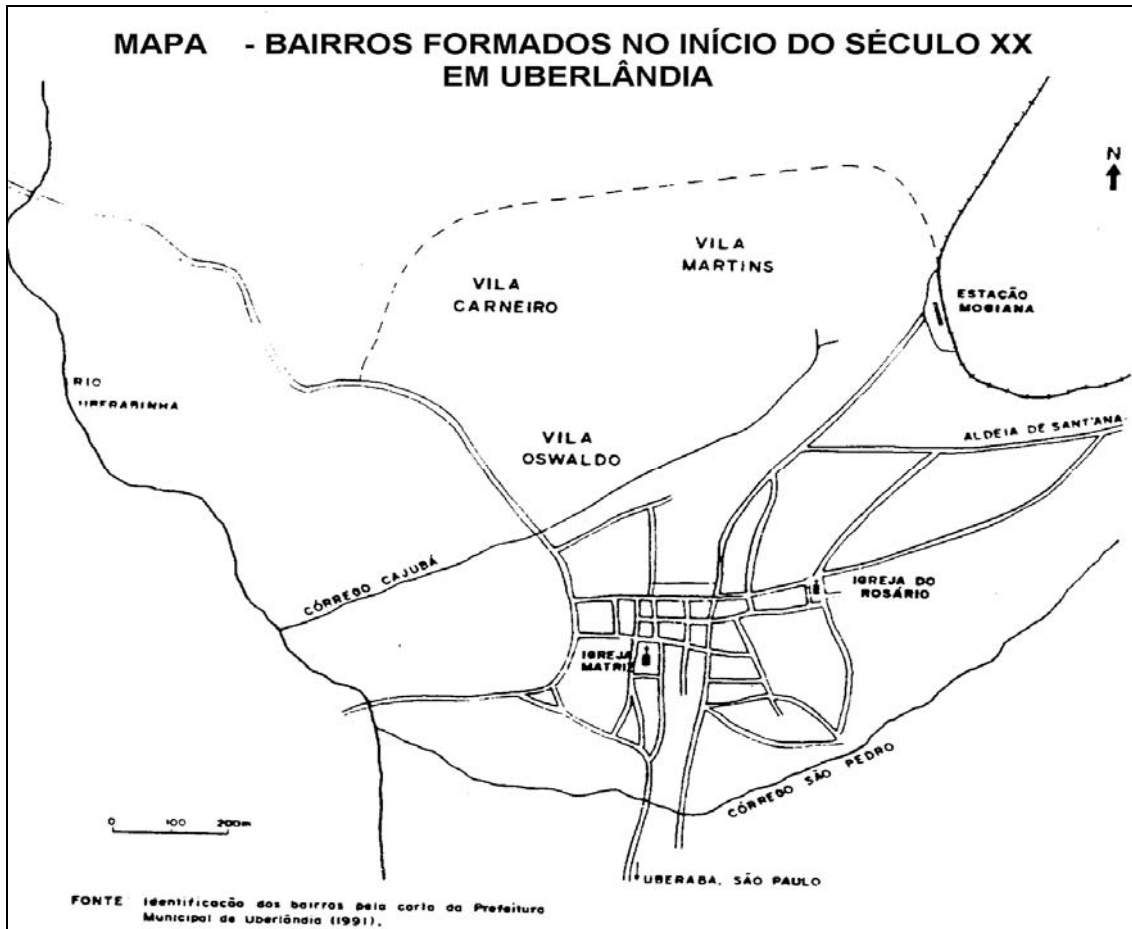
Silva e Filho (2012) ressaltam que, nesse período, a cidade se expandiu para a zona norte, em loteamentos habitacionais destinados, prioritariamente aos trabalhadores das indústrias (Figura 11). Também, nessa mesma região, foram instaladas as fábricas de equipamentos agrícolas e armazéns de estocagem de mercadorias, nas proximidades da ferroviária Mogiana. Nos anos 30, Uberlândia possuía, aproximadamente, 19.000 habitantes.

A Figura 11 apresenta a formação dos bairros em Uberlândia no início do século XX, nota-se que, na parte norte da cidade, concordando com os autores mencionados, há uma expansão urbana para este setor, com a criação de três principais bairros, o Vilas Carneiro, Martins e Osvaldo, próximas à estação Mogiana, importante meio de transporte de passageiros e mercadorias da época.

A primeira zona central instituída (atualmente, o bairro tem o nome de Fundinho, fazendo parte do centro histórico da cidade) está ao sul do mapa (Figura 11), localizada pela igreja Matriz e do Rosário, entre o córrego Cajubá e São Pedro. É caracterizado como um bairro de pequeno porte, poucas ruas e em fase de crescimento.

A estrutura espacial de Uberlândia sofreu alterações, especialmente, na década de 1940 com a intensa dinâmica industrial, desenvolvida e também, concomitantemente com o êxodo rural que o país vivenciava. Surgiram grandes complexos industriais, sobretudo voltados ao setor primário, com a chegada de importantes indústrias à Uberlândia, isto acarretou o crescimento populacional, que já contava com 42.179 habitantes naquela década de 1940.

**Figura 11** - Mapa de formação dos bairros na cidade de Uberlândia no início do século XX



Fonte: MARTINS (1998)

Na Tabela 10, é possível visualizar a quantidade de indústrias situadas em Uberlândia no ano de 1940, como também para quais setores de produção eram destinadas e a quantidade de trabalhadores operários empregados.

Nota-se que há um total de 163 indústrias na cidade, entre elas, destacam-se as referentes aos setores de olaria, oficina mecânica, fábrica de banha, alfaiataria, sapataria e tipografia, todas com maiores quantidades de instalações.

Quanto aos operários, estes somavam um total de 1.443 trabalhadores, a indústria de marcenaria era a que mais empregava mão de obra, em torno de 210 operários, em seguida, vinham as indústrias do ramo de charqueada, sapataria, alfaiataria e metalúrgica (Tabela 10).

**Tabela 10** - Parque Industrial de Uberlândia no ano de 1940

<b>Espécie</b>	<b>Número de Fábricas</b>	<b>Numero de Operários</b>
Curtumes	03	93
Marcenarias	08	210
Serrarias	03	44
Fábrica carroças	02	14
Metalúrgicas	04	75
Art. Flandres	06	15
Oficinas Mecânicas	10	55
Olarias	09	44
Fábrica de sabão	01	03
Panificações	05	28
Pastificios	04	24
Fábricas de doces	02	62
Máq. Benef. Arroz	08	32
Fáb. Farinha e fubá	03	22
Destilarias	04	25
Fábrica de banha	11	27
Charqueadas	03	137
Sapatarias	18	140
Torrefação de café	08	13
Fáb. Manteiga e queijo	04	18
Alfaiatarias	12	130
Colchoarias	02	05
Marmorarias	03	15
Fábrica Ladrilhos	02	18
Tipografias	09	46
Fábrica de Fósforo	01	36
Moagem de Sal	02	15
Bem. De Algodão	04	49
Fumo em pó	01	01
Bijouterias	02	04
Lab. Prod. Farmac.	01	02
Fab. Sorv. e Gelo	01	15
Tamancaria	05	05
Tanoaria	01	02
Ind. Carnes e conserva	01	19
<b>Total</b>	<b>163</b>	<b>1.443</b>

**Fonte:** SOARES(1988) *apud* MESQUITA ; ANDREOZZI (2009)

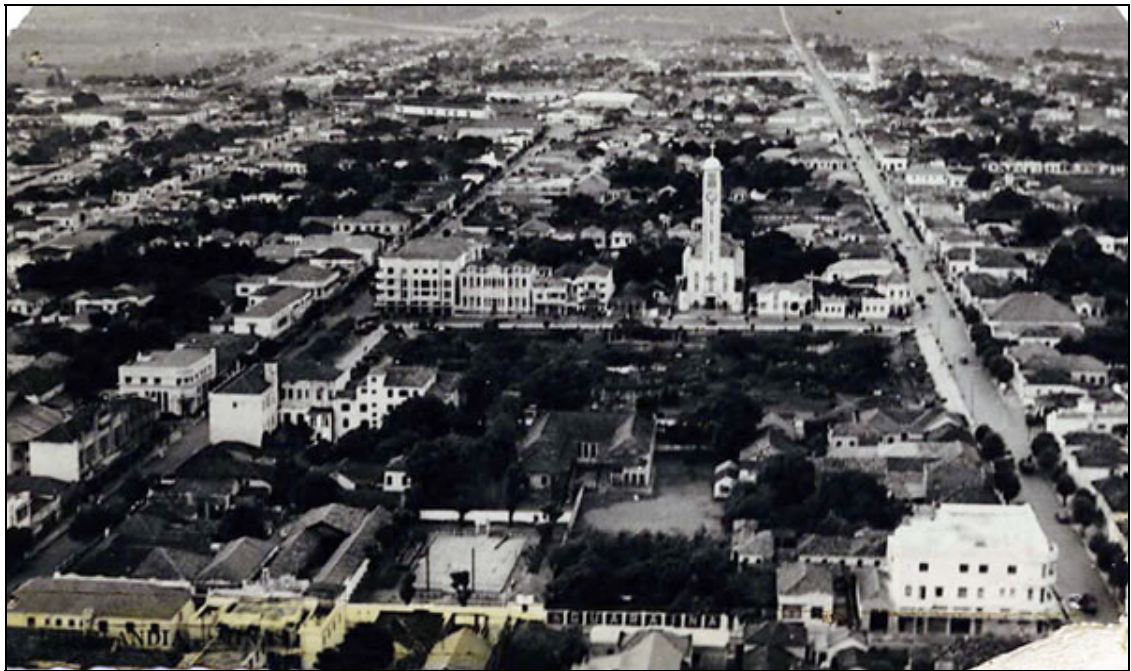
Salientando sobre as mudanças espaciais referentes à urbanização e ao crescente populacional de Uberlândia, Lopez e Ramires (2012) descrevem a inovação da infraestrutura na época, como a construção de pequenos prédios e o asfaltamento das vias de trânsito:

Assim, a partir da década de 1940, a paisagem urbana da cidade começa a se modificar, e juntamente a isso, a população também adquire novos costumes que acompanham o novo modo de vida urbano. Nas décadas de 1940 e 1950,

as maiores inovações observadas na cidade foram as construções de prédios, com mais de 4 pavimentos, levando ao início de uma verticalização urbana. Além disso, nesse período também iniciou-se o asfaltamento da cidade, a fim de facilitar o transporte e atender as reivindicações da população (LOPEZ; RAMIRES, 2012, p. 7).

Na figura 12, é possível visualizar o centro de Uberlândia no anos 40, com significativo aglomerado de construções e habitações, evidenciando a existência de alguns prédios de poucos andares e a pavimentação das ruas.

**Figura 12** - Foto do centro de Uberlândia na década de 1940



**Fonte:** Gazeta do Triângulo (2015).

Com a construção da capital Brasília, juntamente com as políticas de interiorização do centro oeste, implantadas por Juscelino Kubitschek na década de 1950, Uberlândia, mais uma vez sofre transformações nos setores industriais, urbanístico e demográfico.

Silva et al. (2001) ressaltam a transformação ocorrida na estrutura sócioeconômica da cidade, juntamente com a criação da capital Brasília e o seu firmamento no entreposto comercial com outros estados, sobretudo São Paulo,

No caso de Uberlândia, a estrutura sócioeconômica regional foi diretamente afetada por esses processos de transformação. Quando a economia brasileira experimentou o auge do seu processo de concentração econômica e industrial em São Paulo e na Região Sudeste, no período 1950/70, a região de influência de Uberlândia consolidava seu histórico papel de articulação comercial e de complementariedade à economia de São Paulo. Neste contexto, a decisão de construir Brasília no Centro-Oeste foi fundamental para justificar um conjunto de investimentos de infra-estrutura (energia,

transportes, comunicações, armazenamento, etc.) que posicionaram Uberlândia e região numa localização estratégica de integração da industrialização de São Paulo com a expansão dos mercados interioranos. Processo que foi acompanhado por um intenso êxodo rural que caracterizou a dinâmica populacional brasileira nas décadas de 50/70 (SILVA, et al., 2001, p. 199).

Diante dessa fase de ascensão ao incentivo e investimentos industriais e, também, na infraestrutura da cidade, o setor imobiliário cresceu significativamente por meio da abertura de lotes e chácaras, configurando a intensificação da atividade imobiliária na expansão da zona urbana de Uberlândia e “atestando essa expansão imobiliária, pode-se citar o fato de que, entre os anos de 1940 e 1958, a cidade passou de 7.000 para 28.271 lotes, sendo que 5.500 deles foram abertos de 1944 a 1946” (SOARES, 1988, p. 52 *apud* MARTINS, 1998, p.5).

Com relação à população em 1950, havia 35.799 habitantes na zona urbana e 19.185 habitantes na zona rural, ou seja, um total de 54.984 habitantes. Em 1959, “[...]a cidade expandiu-se horizontalmente, contando com 12 mil edificações; e verticalmente, pois diversos prédios de apartamentos de três e quatro andares foram construídos, além de três edifícios com mais de 12 pavimentos [...]” (PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA – PLANO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL DE UBERLÂNDIA, 2009, p. 54).

A atividade industrial sempre foi influenciadora na expansão urbana de Uberlândia. Em 1965, foi produzida a constituição da “Cidade Industrial” e, logo após, em 1971, o Distrito Industrial, ambos na zona norte, atraindo as indústrias situadas na área central da cidade para o distrito, assim como outras novas. Já o setor terciário, ainda encontrava-se inserido no núcleo central da cidade. A partir disto, novos elementos foram incorporados, como agropecuária, serviços auxiliares as indústrias, a construção de conjuntos habitacionais e serviços, entre outros (MARTINS, 1998; MOTA, 2003). Ao todo, a cidade possuía, aproximadamente, 3.000 estabelecimentos comerciais nos anos de 1960 (SOARES, 1995).

Novos bairros foram implementados nas proximidades do Distrito Industrial, assim como serviços de infraestrutura, a fim de atender à demanda do crescimento populacional dos anos 1960-1970.

Junto ao Distrito Industrial, instalaram-se também alguns serviços tais como: ramal ferroviário, bolsa de mercadorias, hotéis, bancos, restaurantes, central telefônica. Surgiram também novos bairros que possibilitaram a proximidade do trabalhador ao seu local de trabalho, entre eles: Minas Brasil, Nossa Senhora das Graças, Cruzeiro do Sul, Marta Helena, Residencial Gramado, Residencial Liberdade, Vila Satélite, Vila Maria, Jardim América, Esperança, Oliveira, Pacaembu, Maravilha, Jardim Metrópole e São José (MOTA, 2003, p. 5).

De acordo com a Prefeitura Municipal de Uberlândia – Plano Habitacional de Interesse Social de Uberlândia (2009), em meados de 1966, ocorreu a criação do bairro Santa Mônica, com 12 mil terrenos aprovados pela Prefeitura. Ainda nesse período, foram abertos 29.513 lotes na cidade e sua população era de 95.570 habitantes, isto mostra que houve crescente especulação imobiliária com a venda desordenada de lotes e sem a infraestrutura necessária, como o saneamento básico.

Sobre o crescimento habitacional e a aceleração da verticalização, Soares (1995, p. 167) afirma que, “no final dos anos 60, já existiam dezenove arranha-céus construídos em Uberlândia, com um total de 587 apartamentos [...]; um hotel com 122 apartamentos; 130 salas comerciais e de serviços e um edifício de nove andares para o Banco do Brasil”.

Realizando um apanhado demográfico de Uberlândia nos anos discutidos neste tópico e por meio da Tabela 11, verifica-se que o crescimento populacional dos anos de 1950, para os anos de 1960 apresentaram uma diferença de 33.408 habitantes. O percentual de crescimento populacional urbano, nos anos de 1950, foi mais de 60%, e, no ano de 1960, esta taxa chegou a mais de 100%, comprovando a aceleração na expansão urbana de Uberlândia.

É possível identificar, comparando os dados populacionais da zona rural e urbana do município, que nos anos de 1940, pouco mais da metade da população viva no perímetro urbano, sendo 52,55%, já na década de 50, este índice sobe para 65.24% dos habitantes de Uberlândia residindo na porção urbana e, por fim, em 1960, 81.24% da população uberlandense se localizava no perímetro urbano (Tabela 11).

**Tabela 11** - População de Uberlândia no anos de 1940, 1950 e 1960

<b>Ano</b>	<b>Pop. total</b>	<b>Pop. Urbana</b>	<b>Percentual de pop. urbana na pop. total (%)</b>	<b>Crescimento pop. total (%)</b>	<b>Crescimento pop. urbana (%)</b>
<b>1940</b>	42.179	22.123	52.55	...	...
<b>1950</b>	54.874	35.799	65.24	30.01	61.82
<b>1960</b>	88.282	71.717	81.24	60.88	100.33

Fonte: IBGE (2015)

Ilustrando o que já foi discorrido anteriormente, o crescimento populacional, assim como a expansão urbana de Uberlândia, foram sucedidos de modo acelerado nesses anos de estudos. Inúmeros fatores foram influenciadores para esta dinâmica ocorrer, a industrialização, o êxodo rural, a criação de Brasília, o incentivo governamental, dentre

outros. Mas é na década de 70 que a população da cidade dá o maior salto demográfico, como será salientado no próximo tópico.

### **3.3 Expansão Urbana de Uberlândia: de 1970 à 2000**

Com a mudança espacial ocorrida em função do êxodo rural, da industrialização, da circulação de bens, da chegada do mercado consumidor, início da modernização do campo, entre outros, a cidade de Uberlândia, em meados de 1970, vinha estabelecendo seu papel de grande importância e notoriedade na região.

Outro incremento para o crescimento populacional no período foi a chegada de imigrantes para o trabalho nos parques industriais que estavam em ascensão, proporcionando uma ocupação desenfreada da zona periférica, onde trabalhadores e familiares instituíam moradias e novos bairros (LOPES; RAMIRES, 2012).

Motta (2003) assinala que outro fator para explicar o movimento populacional em Uberlândia foi a emigração urbana-urbana, no que se remete à chegada de pessoas de municípios vizinhos. Também ocorria a migração proveniente de outros estados do entorno, (São Paulo, Goiás e Mato Grosso). Uberlândia possui localização estratégica, como já mencionado anteriormente, seu serviço rododiferroviário possibilitou ampla zona de influência, tornando-se cidade-polo atrativo de outras regiões e estados em vários setores, notadamente, de bens e consumo, contribuindo, também, para a imigração.

Na Tabela 12, consta-se que Uberlândia possui altos índices de imigrações com, aproximadamente, 88 mil pessoas nas décadas de 70 a 90. Levando em conta os dados de imigração da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, o total no ano de 1970 a 1991 foi de 38.709, enquanto Uberlândia recebia mais que o dobro de pessoas provenientes da imigração, com um total de 88.019 nessas duas décadas analisadas. A conclusão a que se chega é que a imigração teve tendências a ir para as maiores cidades da mesorregião (Uberlândia), devido, essencialmente às oportunidades de emprego.

**Tabela 12** - Distribuições dos imigrantes interestaduais nos municípios sede das microrregiões, nas décadas de 1970 e 1980

<b>Municípios</b>	<b>1970-1980</b>	<b>1981-1991</b>	<b>Total</b>
<b>Uberlândia</b>	39.487	48.532	88.019
<b>Demais munic. da mesorregião</b>	15.785	22.924	38.709

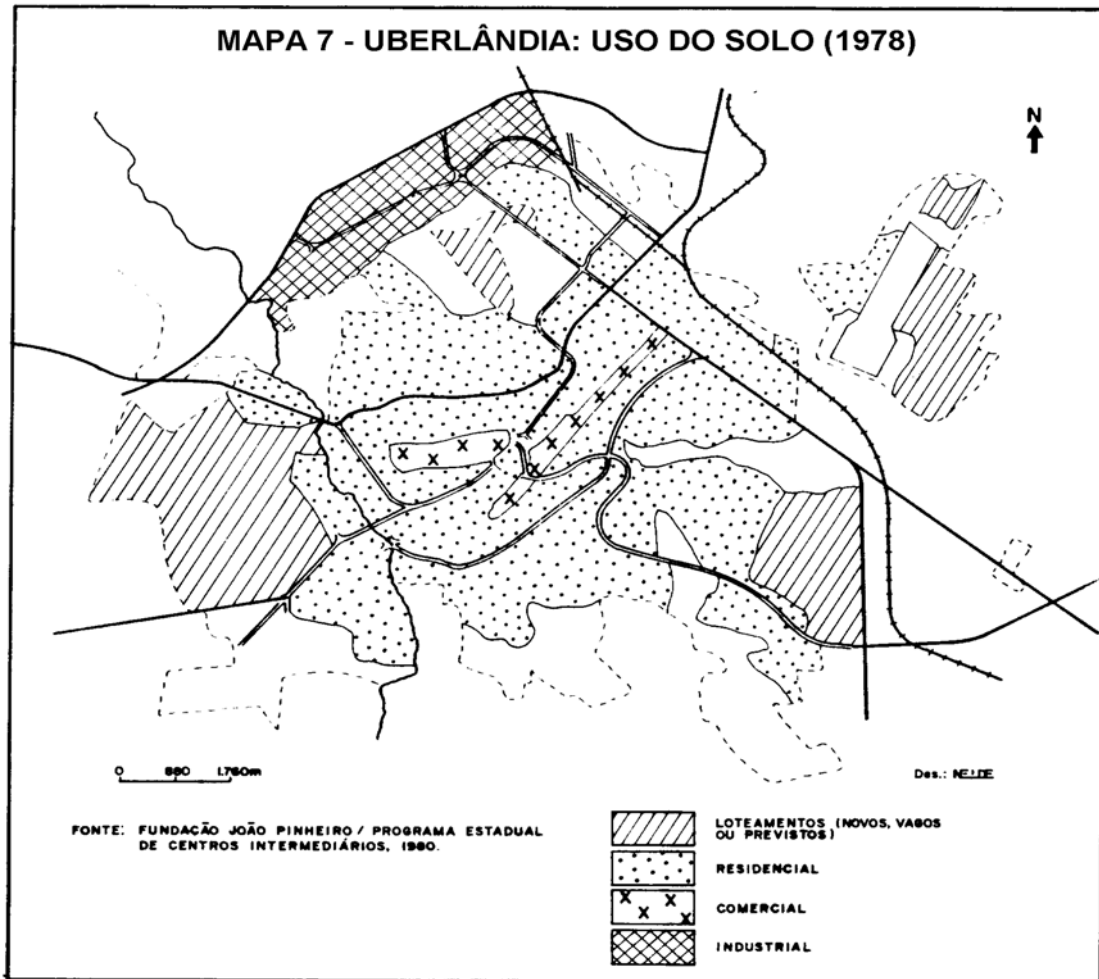
**Fonte:** IBGE Senso demográfico 1980, 1991- Tabulações especiais – Microdados. *Apud* Silva et al. (2001).

Portanto, em Uberlândia nos anos de 1970, residiam na zona urbana 111.466 pessoas, um significativo aumento, proveniente da industrialização e imigração. Enquanto que, na zona rural, apenas 13.240 habitantes, comprovando o êxodo rural sofrido. Uberlândia possuía um total de 125.706 pessoas morando na zona urbana e rural (JULIANO; LEME, 2002).

A Figura 13 mostra o uso do solo no ano de 1978 na cidade de Uberlândia. Em duas faixas na área central, é possível identificar a presença do comércio, que corta horizontalmente todo o centro da cidade. Ao redor de todo o comércio e já extrapolando a zona central, nota-se o preenchimento de residências, abrangendo uma vasta área da porção central do mapa. Nas periferias, existem cinco manchas que constam como os loteamentos (podendo ser novos, vagos, ou previstos, de acordo com o mapa), e encontram-se na zona norte, leste e oeste de Uberlândia. Por fim, é destinada uma significativa área para o Distrito Industrial estabelecendo-se ao norte da cidade.

É notório o crescimento para o setor norte da cidade com o aumento de residências fixadas e de indústrias, como também a formação de periferias leste/oeste, com o surgimento dos loteamentos. Isto explica o crescimento desenfreado da criação de lotes. De acordo com Soares (1995), em Uberlândia, foram abertos 62.848 lotes em 1970 para 111.640 habitantes, aumentando, significativamente, a malha urbana.

**Figura 13** - Mapa do uso do solo da cidade de Uberlândia no ano de 1978



Fonte: MARTINS (1998)

Para compreender melhor a colaboração dos trabalhadores industriais, assim como a das empresas instaladas e geradoras de serviços e mão de obra, com o maior índice de expansão urbana e crescimento populacional que Uberlândia teve em todos os anos analisados, segue a Tabela 13. Esta é referente aos estabelecimentos industriais existentes e à quantidade de população trabalhadora nos anos de 1970 e 1980, divididos em três setores do âmbito industrial, bens de consumo não duráveis, bens de consumo intermediários e bens de capital e consumo duráveis.

Uberlândia contava, em 1970, com um total de 324 indústrias, a maior quantidade fazia parte do setor de bens duráveis e não duráveis que empregava 1.759 trabalhadores, do total de 2.889 divididos nos vários setores. No ano de 1980, existiam 439 indústrias empregando 9.508 trabalhadores, a maior quantidade também oferecia serviços para o setor de bens duráveis e não duráveis, sendo as fábricas de produtos alimentícios em maior quantidade e com maior concentração de operários nas duas décadas, (Tabela 13).

**Tabela 13** - Indústrias estabelecidas em 1970 e 1980 e quantidade de trabalhadores empregados na cidade de Uberlândia.

Setores da indústria	Estabelecimentos		Pessoal Ocupado	
	1970	1980	1970	1980
<b>Bens de Consumo Não Duráveis</b>	172	240	1759	5037
Extração de minerais	09	07	34	34
Mobiliário	21	17	109	343
Produtos farmacêuticos e veterinários	02	01	(-)	(-)
Perfumaria, sabões e velas	01	01	(-)	(-)
Têxtil	01	06	(-)	392
Vestuário, calçados e artefatos de tecido	18	53	146	1.062
Produtos alimentares	98	124	1.271	2.669
Bebidas	06	05	69	190
Fumo	(-)	01	(-)	(-)
Editorial e gráfica	16	25	130	347
<b>Bens de Consumo Intermediários</b>	70	130	611	2129
Produtos de minerais não metálicos	24	51	220	739
Metalurgia	22	42	275	818
Madeira	11	10	44	46
Papel e papelão	02	03	(-)	57
Borracha	03	06	31	76
Couro, peles e produtos similares	01	04	(-)	25
Produtos de matérias plásticas	04	03	23	54
Química	03	11	18	314
<b>Bens de Capital e Consumo Duráveis</b>	82	66	391	942
Mecânica	49	34	210	386
Material elétrico e de comunicações	12	05	32	30
Material de transporte	12	20	99	401
Diversas	09	07	50	125
<b>Total</b>	<b>324</b>	<b>436</b>	<b>2.889</b>	<b>9.508</b>

Fonte: IBGE – Censos Industriais de 1970 e 1980

Fonte: MESQUITA ; ANDREOZZI (2010)

Sobre a expansão periférica da cidade entre as décadas de 70 a 80, além de trabalhadores já instituídos no local, a alta classe da cidade começava a migrar para bairros e condomínios horizontais, localizados nas zonas periféricas,

Esses foram ocupados, principalmente, por “famílias de alta renda que até então residiam no núcleo central, se direcionaram para os bairros não centrais com vista em esquivar-se dos inconstantes problemas do centro, como o barulho, violência e tumulto” (SILVA; FILHO, 2012, p.72).

Desta maneira, as décadas de 1970 e 1980, foram marcadas pelo intenso crescimento populacional, com a chegada de migrantes que ocupavam

postos de trabalho oferecidos pelas indústrias da cidade, visto que cada vez mais, Uberlândia intensificava sua industrialização, aumentando seu parque industrial. Esses migrantes acabavam buscando moradia nas áreas periféricas da cidade, o que ocasionou uma alteração na dinâmica espacial urbana, gerando expansão da periferia urbana de forma desordenada, da mesma forma que ocorria com o crescimento vertical principalmente na área central (LOPEZ; RAMIRES, 2012, p. 6).

Ainda nesse contexto, Martins (1998) relata que ocorreu a formação de centros secundários em diversos bairros, ou descentralização da zona central, devida, inicialmente, ao comércio varejista que migrou para áreas fora do núcleo central. Assim, estes “centros secundários passaram a conter uma gama variada de comércios e serviços e mudaram a configuração do espaço urbano” (1998, p. 11).

O crescimento urbano, em 1980, continuou em ascensão e desordenado, particularmente nas áreas periféricas, como explica Moura (2006),

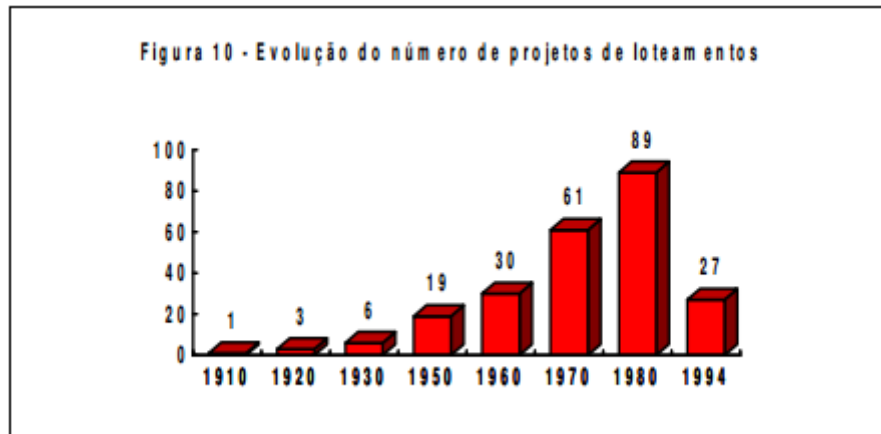
Vários bairros, como por exemplo, o Jardim Ipanema, Granada, Tocantins, Taiaman, Minas Gerais, surgiram na área periférica com muitos problemas de infra-estrutura. Contraditoriamente, outros, mais próximos à área central, e ela própria, recebiam toda a infraestrutura necessária para manter o desenvolvimento da cidade. Essa dinâmica proporcionou uma grande diversificação do uso do solo da cidade e da própria territorialidade da periferia urbana (MOURA, 2008, p. 83).

No município de Uberlândia, habitavam 231.598 pessoas na zona urbana, sendo que sua população total era de 240.961 habitantes, na década de 1980. No setor industrial, naquela década, surgiram mais 112 indústrias, comparado ao monte em 1970 (ver Tabela 13).

Ainda na década de 80, foram realizados 89 projetos de loteamentos (Gráfico 03), que aumentaram, significativamente, se comparados aos dos anos 60, correspondendo a 30 projetos de loteamentos e, na década de 70, foram, aproximadamente, 61.

Cerca de 13.000 moradias foram construídas em conjuntos habitacionais com parceria entre o governo e a Caixa Econômica Federal. Estes moradias se encontram localizados nos bairros Guarani, Mansour, Santa Mônica II, Parque das Laranjeiras, São Jorge, Seringueiras, Aurora e Regina (todos em áreas periféricas da cidade) (SOARES, 1995).

Um problema que assolava a cidade era a quantidade de lotes e terrenos vazios, isso em decorrência da especulação imobiliária (iniciada em 60) acelerando a venda de loteamentos. Soares (1995) afirma que, em 1988, o perímetro urbano de Uberlândia era de 233 km<sup>2</sup> e que havia quase o dobro desta área com terrenos desocupados.

**Gráfico 03** - Evolução do número de projetos de loteamentos de 1910 a 1994

Fonte: SOARES (1995).

A mesma autora faz um apanhado de considerações sobre a expansão urbana da cidade, nesse período:

Como resultado, desde o final dos anos 80, questões de difícil solução se apresentavam no espaço urbano de Uberlândia: - área urbana central congestionada, tanto demograficamente, quanto em termos de concentração de atividades econômicas, com problemas de trânsito e transportes, poluição sonora, expansão de um comércio ambulante pelas calçadas de suas principais avenidas; - existência de grandes conjuntos habitacionais nas periferias topográficas da cidade, construídos fora da malha urbana edificada; - inúmeros vazios urbanos, circundados por bairros de baixa densidade habitacional/populacional; - uma expansão horizontal muito acelerada e induzida pela especulação imobiliária, em que os incorporadores atuando sem o controle do Poder Público, impõem a incorporação de novas áreas à cidade, em detrimento da ocupação dos vazios já existentes (SOARES, 1995, p. 240).

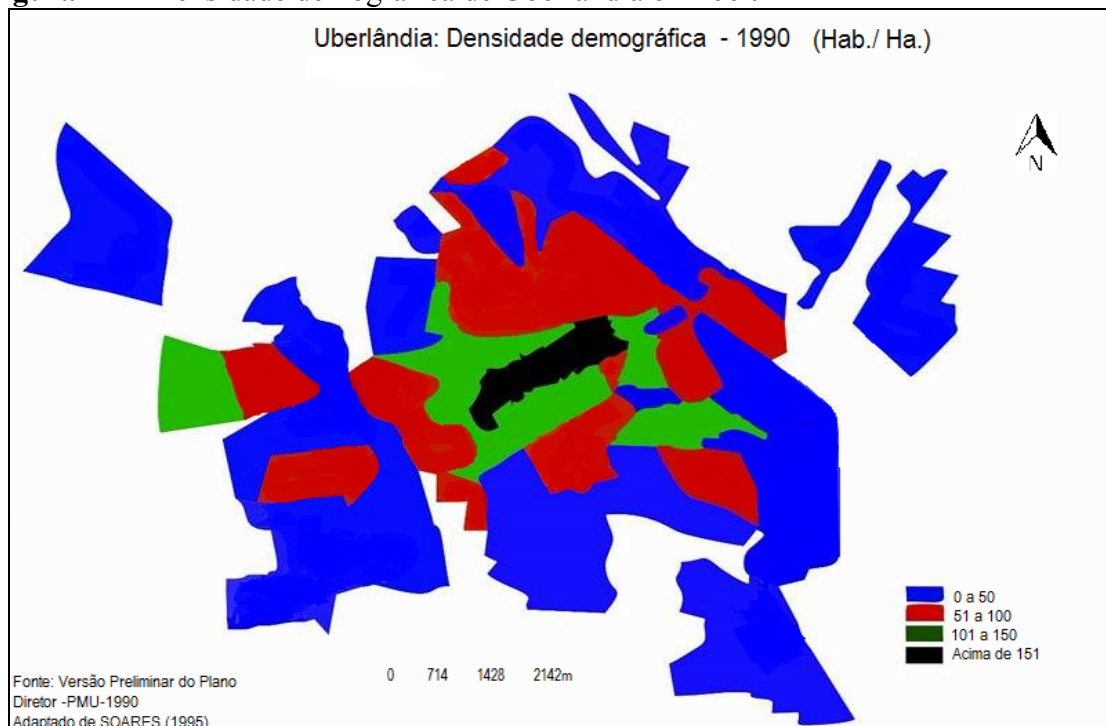
Na década de 90, com a implantação do Plano Diretor da Cidade, Uberlândia irá apresentar novas mudanças em sua paisagem, o crescimento horizontal estava, então, consolidado e ocorria a ascensão verticalizada com a construção de prédios e edifícios, garantindo a modernização arquitetônica da época, como já eram tendências em grandes capitais (LOPES E RAMIRES, 2012).

No ano de 1994, em Uberlândia, havia 43 bairros, e a intensa verticalização resultou em 266 edifícios, dispersos entre os bairros Centro, Martins, Santa Maria, Santa Mônica, Lídice, General Osório, Jaraguá, Copacabana, Roosevelt, entre outros (SOARES, 1995).

A mesma autora enfatiza que a expansão urbana e demográfica, nesse período, contava com 358.166 habitantes no perímetro urbano. Também possuía 303 indústrias (contando empresas situadas no distrito e na cidade industrial), ocupando uma área de 6.491.047 m<sup>2</sup> e que garantiam, aproximadamente, 16.882 empregos diretos.

A fim de melhor ilustrar a expansão populacional, a Figura 14 retrata a densidade demográfica de Uberlândia em 1990. Nota-se que a periferia da cidade é tomada pela minoria das pessoas, destaca-se na cor azul, com o percentual de 0 a 50 mil habitantes. Enquanto que os bairros que fazem divisa com o centro e alguns ainda situados na periferia, na cor marrom, abrangem de 51 a 100 mil pessoas. Os bairros centrais, em verde (com exceção da porção na zona oeste que é periférico), são habitados com 101 a 150 mil pessoas e, por fim, o núcleo central, onde está situado o comércio da cidade, contempla mais de 151 mil habitantes. Fica evidente que a maior aglomeração da cidade é proveniente da parte central, já a periferia é o local que comporta menos pessoas, onde se encontram os vazios demográficos.

**Figura 14** - Densidade demográfica de Uberlândia em 1990

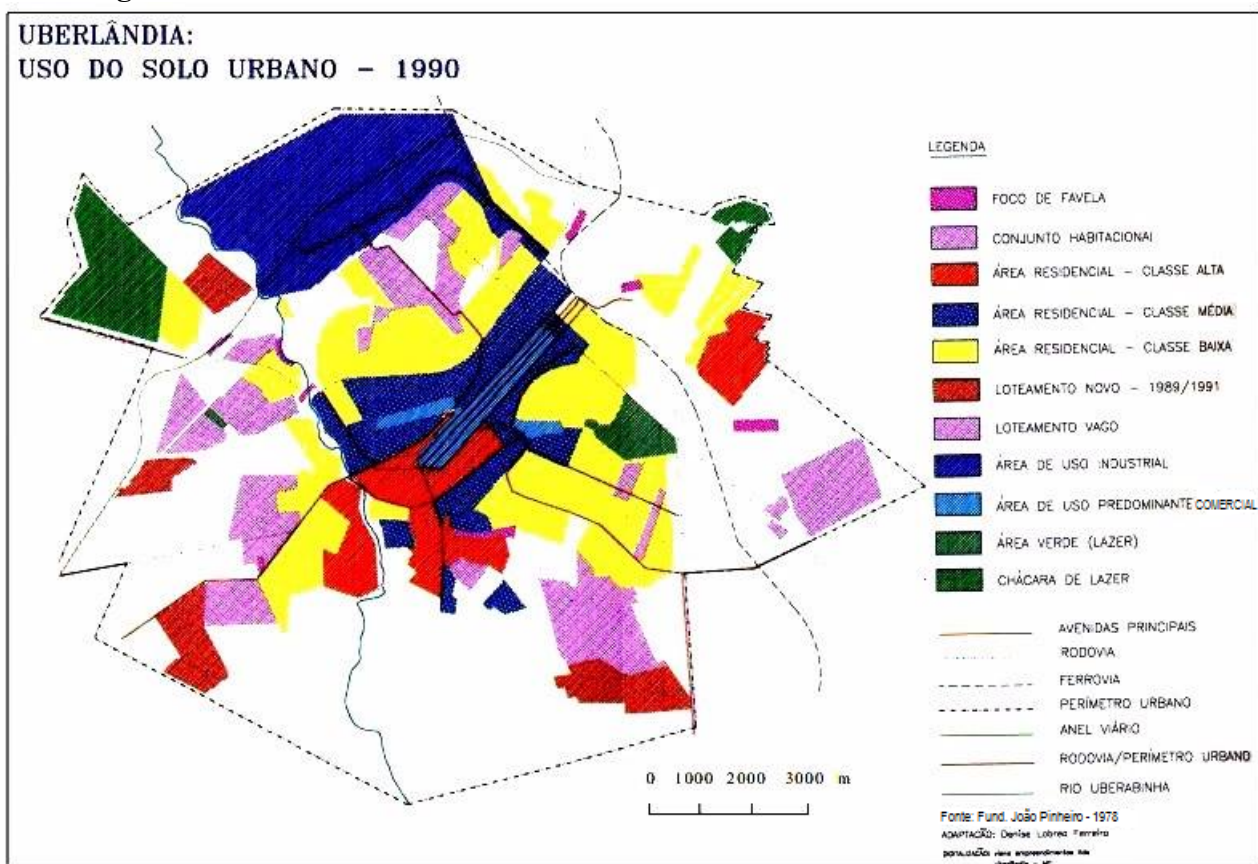


**Fonte:** SOARES (1995).

Os vazios demográficos, como loteamentos sem habitações e grandes áreas com solos sem uso e expostos, com ausência de vegetação ou com pouca camada desta cobrindo a superfície, possuem albedo elevado, contribuindo para temperaturas mais elevadas, influenciando no microclima do bairro, por exemplo. Estes terrenos vagos, em sua maioria, possuem uma vegetação fina e rasteira de gramíneas cobrindo o solo que varia com as estações do ano, no verão, em decorrência da chuva, o solo fica mais úmido e a vegetação esverdeada, no inverno (período foco desta pesquisa), a vegetação e o solos ficam seco em virtude da estiagem de chuvas, provocando elevação do albedo neste tipo de solo e vegetação para o período mencionado.

A densidade demográfica está estritamente ligada ao uso que a população faz do solo, determinando o aglomerado de pessoas em partes específicas. No que tange a identificar e compreender melhor o uso do solo da cidade de Uberlândia nos anos de 1990, segue a Figura 15. Nesta, é possível observar que a zona central é ocupada, na sua grande maioria, com residências, exceto uma pequena faixa do núcleo central, que é destinado ao uso, essencialmente, do comércio. Ao entorno da área central, identifica-se a ocupação por residências de classe baixa. E, posterior a estes, na cor rosa, os conjuntos habitacionais. Na zona sul, identifica-se a ocupação de algumas porções residenciais destinadas à classe alta e, na zona norte, evidencia-se a grande área de uso industrial, na cor azul. As zonas, na extrema periferia, são ocupadas por loteamentos novos, algumas pequenas áreas com foco de favelas, áreas verdes e loteamentos vagos.

**Figura 15** - Uso do solo da cidade de Uberlândia em 1990



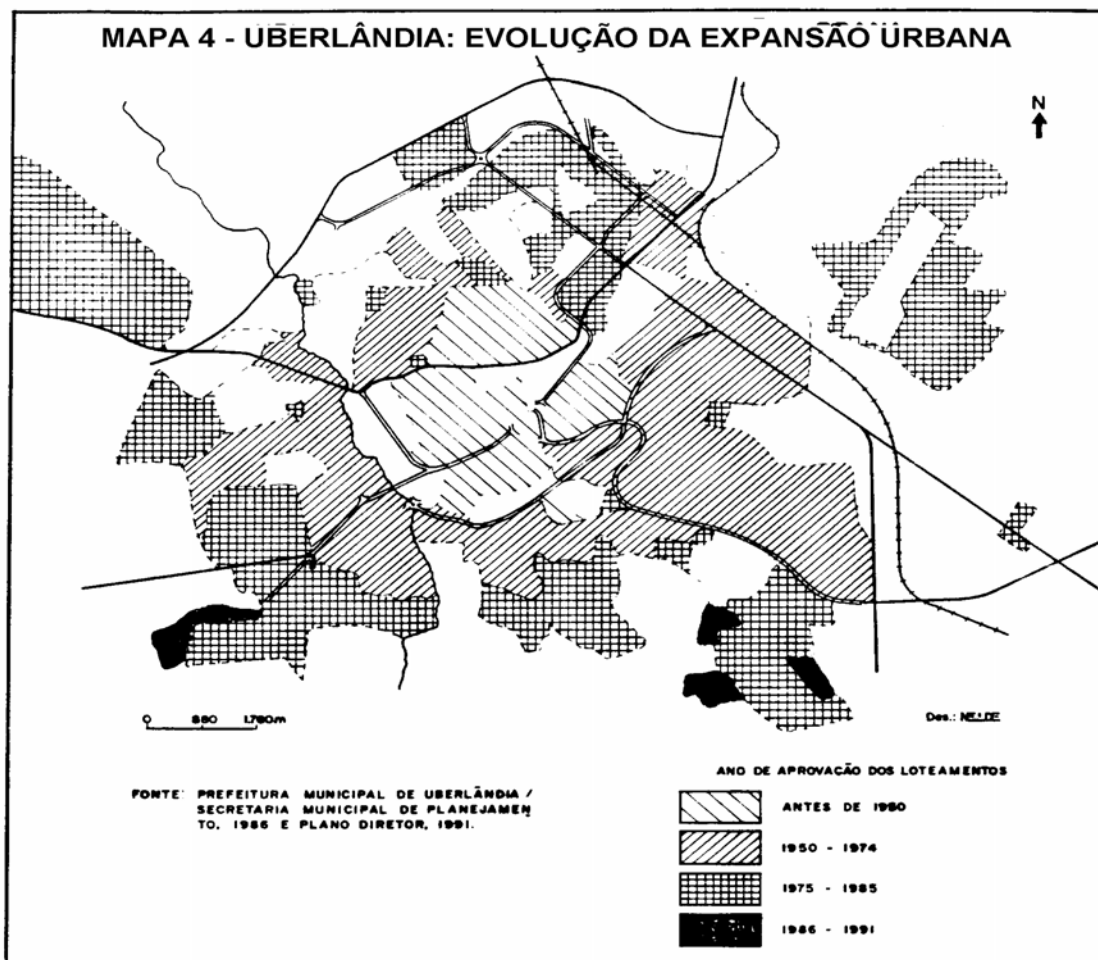
**Fonte:** SOARES (1995).

Correlacionado o uso do solo (Figura 15) com a densidade demográfica (Figura 14), compreende-se que as áreas com maiores adensamentos populacionais se encontram no centro, sendo a área, predominantemente, ocupada pelo comércio e residências de classe média. Os menores aglomerados de pessoas estão situados nas zonas periféricas, tratando-se,

principalmente, de conjuntos habitacionais, novos loteamentos, o parque industrial e residências destinadas à alta classe da cidade.

A comparação entre a evolução da expansão urbana de Uberlândia em 1950, até o ano de 1990, é apresentada na Figura 16. A cidade teve início onde hoje é o centro, na década de 50, visualiza-se esta zona toda ocupada, ao redor, é possível visualizar a ocupação proveniente dos anos de 1950 até 1974, uma grande área foi ocupada em virtude do “boom” populacional, sobretudo, na década de 70. Nas áreas periféricas da malha urbana, nota-se a ocupação nos anos de 75 a 85, e por fim, na extrema periferia, de 1986 ao ano de 1991, é observada a expansão urbana para a região sul, em áreas isoladas.

**Figura 16** - Evolução da expansão urbana nos anos de 1950 até 1991 em Uberlândia



Fonte: MARTINS (1998).

A Figura 16 representa todo o processo de expansão urbana que vem sendo tratado neste capítulo, visualizando o quanto a cidade cresceu, com o alargamento do perímetro urbano, a consolidação do centro, zonas destinadas a habitações e criações de inúmeros

loteamentos. Tudo isso relacionado com o significativo crescimento populacional que Uberlândia sofreu a cada década.

No final da década de 1990, a Prefeitura Municipal de Uberlândia criou o “Projeto Bairros Integrados” (PBI), que visava à integração dos vários bairros e loteamentos em um grupo maior, agrupados de acordo com as suas localidades, aspectos sociais e econômicos, tornando-se um sistema racionalizado da divisão do espaço, sobretudo para auxiliar as políticas públicas e os estudos com caráter mais detalhado da malha urbana. Assim, Uberlândia constituía-se de 57 bairros integrados, que foram distribuídos em cinco setores: Setor Central, Setor Sul, Setor Norte, Setor Leste, Setor Oeste (CLEPS, 2008).

É a partir dessa integração de bairros que, anos mais tarde, começam a surgir estudos mais detalhados sobre os bairros, as setorizações da malha urbana de Uberlândia e suas peculiaridades.

A cidade continuava com crescente expansão urbana a cada ano, em 2000, a população urbana de Uberlândia era de 488.270 habitantes, a rural de 12.218 e a total de 500.488 habitantes. O setor industrial também ascendeu para um montante de 1.783 unidades industriais no ano de 2000. (BANCO DE DADOS INTEGRADOS – UBERLÂNDIA 2007).

Realizando um apanhado sobre os dados da expansão populacional de Uberlândia nas décadas contempladas por este tópico, segue a Tabela 14. Nesta, é representada a quantidade de população nas áreas rural, urbana e total da cidade, as taxas de urbanização e as taxas de crescimento anual para os períodos de 1970 a 2000.

Em 1970, Uberlândia contava com 112.662 habitantes no perímetro urbano e a taxa de urbanização era de 89.33 %, esta década foi importante, visto que concentrou o maior pico de crescimento populacional desde os anos 40. Em 1980, havia 231.583 moradores na cidade, com taxa de urbanização de 96.11 % e 7.47 % de taxa de crescimento anual. Nos anos de 1991, moravam na zona urbana 358.166 pessoas, com 97.58 % de taxa de urbanização e 4.04% de taxa de crescimento anual. E, por fim, em 2000, 488.270 pessoas habitavam Uberlândia, havendo 97.56 % de taxa de urbanização e 3.54 % de crescimento anual

**Tabela 14** - População segundo a situação do domicílio, taxas de urbanização e de crescimento município de Uberlândia – 1970 a 2000.

Ano	População			Taxas de Urbanização	Taxas de Crescimento Anual (%)		
	Urbana	Rural	Total	(%)	Urbana	Rural	Total
<b>1970</b>	112.662	13.450	126.112	89.33	-	-	-
<b>1980</b>	231.583	9.384	240.967	96.11	7.47	-3.54	6.69
<b>1991</b>	358.166	8.896	367.062	97.58	4.04	-0.48	3.90
<b>2000</b>	488.270	12.218	500.488	97.56	3.54	3.62	3.54

Fonte: JULIANO; LEME (2002)

O processo da evolução histórica populacional e urbana da cidade de Uberlândia até os anos 2000 colabora para identificar as zonas de adensamentos urbanos, assim como os vazios demográficos e urbanos, importantes para o objetivo maior desta pesquisa, o estudo das ilhas de calor que têm sua gênese associada, principalmente, às zonas com densa construção civil, aglomerados populacionais e ausências de áreas verdes.

No próximo capítulo, será feita a caracterização da urbanização de Uberlândia para os anos de 2004 a 2014.

## **CAPÍTULO IV**

## **4 EVOLUÇÃO URBANA DE UBERLÂNDIA ENTRE OS ANOS DE 2004 A 2014**

Este capítulo versará sobre a expansão urbana de Uberlândia no período de 2004 a 2014, demonstrando, principalmente, a evolução populacional, bem como outras características de sua malha urbana, como dados de habitação, setor industrial, parques existentes, entre outros elementos que possibilitem a compreensão do crescimento da cidade.

Em um segundo momento, a análise tratará dos bairros da cidade que foram agrupados em setores: central, norte, sul, leste e oeste. A evolução de Uberlândia, nesse período, foi notória, particularmente, devido ao aumento populacional e residencial.

### **4.1 Abordagem Geral da Evolução Urbana**

Como debatido anteriormente, a expansão urbana de Uberlândia ocorreu de modo acelerado e contínuo. A criação do Projeto Bairros Integrados (PBI), pela Prefeitura Municipal, para auxiliar na setorização dos bairros e políticas públicas, também colaborou para os estudos propiciando maior detalhamento sobre a urbanização. A partir da criação do PBI, foram integrados 74 bairros, distribuídos em cinco setores: central, sul, norte, leste, oeste, como pode ser visualizado na Figura 17.

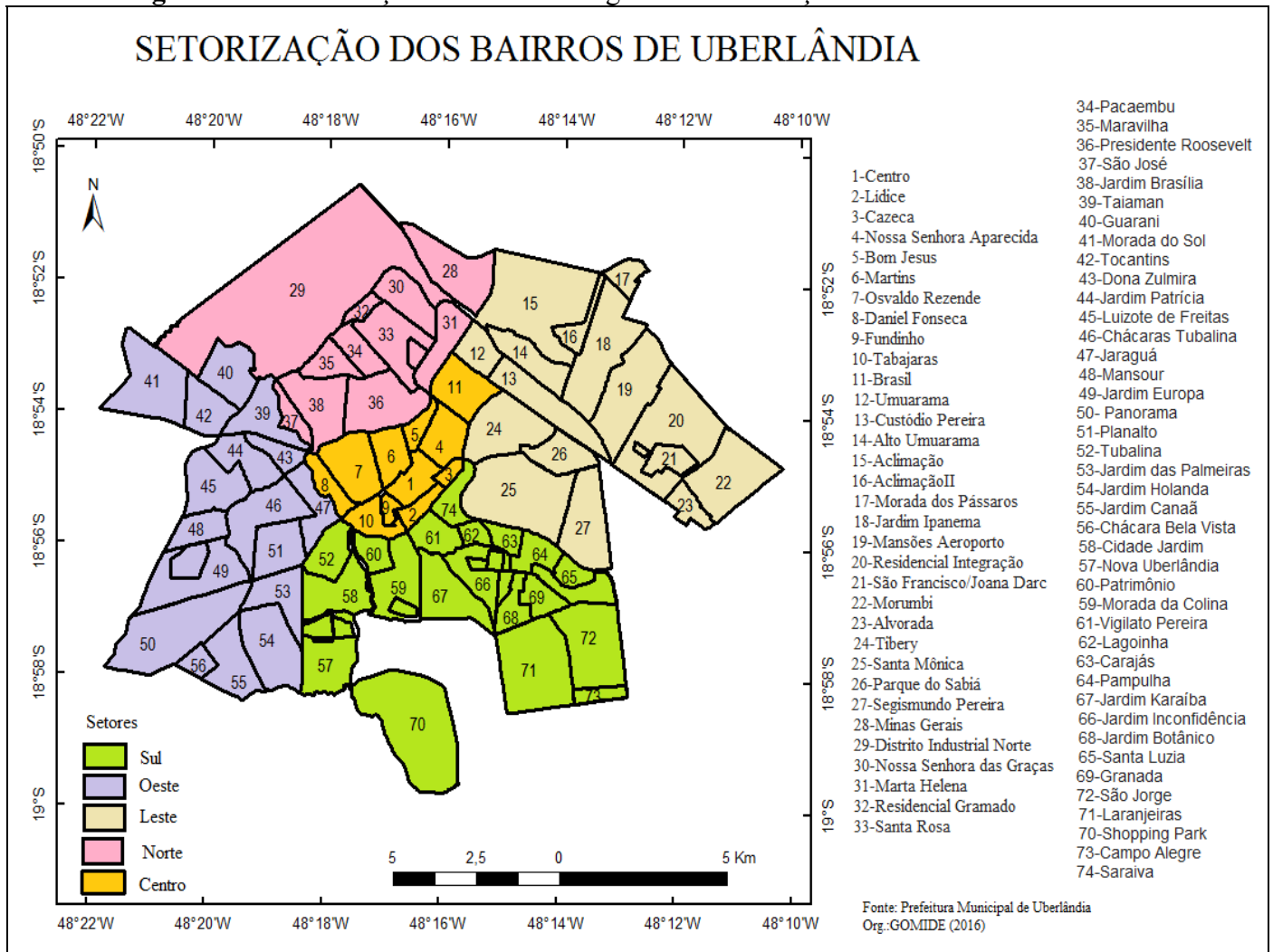
De acordo com os dados obtidos na da Prefeitura de Uberlândia, houve a aprovação de criação de apenas um único bairro entre as datas abordadas nesta pesquisa (06/2004 até 06/2014), o bairro Granja Marileusa em 09/05/2014, Lei N° 11786. Isso não quer dizer que não ocorreu crescimento da cidade, os loteamentos e residenciais continuaram a surgir e a crescer nos bairros já existentes ao longo dos dez anos analisados, só não foram reconhecidos como bairros, apenas como loteamentos.

Uberlândia possuía uma estimativa populacional para o ano de 2004 de 556.133 habitantes, naquela época, os locais com maior adensamento populacional estavam na zona Leste e Oeste, como especificado por Cleps (2008),

Os Setores Leste e Oeste são os mais populosos (122.599 e 125.150 habitantes, respectivamente). Ao analisar a densidade demográfica desses setores denota-se que o Setor Leste possui uma densidade demográfica de 4.8 hab./km<sup>2</sup>; enquanto que no Setor Oeste este número é de 3.5 hab./km<sup>2</sup>;

para os Setores Norte, Central e Sul, a densidade demográfica é de 3.7 hab./km<sup>2</sup>, 7.0hab./km<sup>2</sup> e 4.2 hab./km<sup>2</sup>, respectivamente. Conforme demonstram os números, as áreas e o número total de população dos setores são muito semelhantes. Destaca-se o Setor Central visto que este apresenta o maior adensamento populacional, pois possui a menor área (CLEPS, 2008, p. 30).

**Figura 17 - Delimitação dos bairros integrados e setorização da cidade de Uberlândia**



Carneiro Filho et al. (2008) relatam que, “no setor Central, estão concentrados 17,86% da população total, as concentrações populacionais dos outros setores são: Norte: 17,73%; Leste 22,74%; Oeste: 23,21% e Sul: 18,46%” (2008, p. 4). Ou seja, o setor oeste é o mais populoso em meados de 2004

Os dados de evolução das construções habitacionais, nesse mesmo período, mostram que na cidade foram aprovados de 139.714.37 m<sup>2</sup> em áreas para fins residenciais, para edifícios residenciais, 89.548. 57 m<sup>2</sup> e 59.299.66 m<sup>2</sup> para planta popular (programa criado

pela Prefeitura, que disponibiliza plantas de residências com até 70 m<sup>2</sup>, para população de baixa renda, que possui lotes a serem construídos), o crescimento em áreas aprovadas por m<sup>2</sup> foi de 37.83% (Tabela 15).

Para o ano de 2012, observa-se um aumento nas áreas aprovadas para construções residenciais (154.745,95 m<sup>2</sup>), no programa planta popular, houve um decréscimo de 17.560.61 m<sup>2</sup> e, para os edifícios residenciais, um aumento significativo de 393.947.20 m<sup>2</sup>.

Isto mostra que áreas aprovadas para construções residenciais aumentaram 15.031.58 m<sup>2</sup> de 2004 para 2012, concomitantemente com os edifícios residenciais que tiveram um aumento de 304.398.63 m<sup>2</sup>. Ressalta-se o notório crescimento da construção civil na cidade, favorecendo o surgimento de áreas mais adensadas. Contudo o ano de 2012 teve um crescimento inferior quando comparado a 2004, com 12,13%.

**Tabela 15** - Dados da evolução habitacional de Uberlândia - áreas aprovadas por m<sup>2</sup> para o ano de 2004 e 2012

Descrição	2004	2012
<b>Construção Residencial</b>	139.714.37	154.745.95
<b>Planta Popular*</b>	59.299.66	17.560.61
<b>Resi. Multi Familiar Horizontal</b>	11.137.77	18.021.09
<b>Edifício Residenciais</b>	89.548.57	393.947.20
<b>Edifício Misto (Comerc. Residen.)</b>	16.124.15	13.179.00
<b>Total</b>	325.824.52	597.453.85
<b>Total Acumulado</b>	1.289.070.94	5.246.040.52
<b>% Crescimento</b>	37.83%	12.13%

\*Programa criado pela prefeitura, no qual disponibiliza plantas de residências com até 70 m<sup>2</sup> para população de baixa renda que possui lotes a serem construídos.

**Fonte:** Prefeitura Municipal de Uberlândia (2015); Org: GOMIDE (2015)

Nessa direção, a expansão das construções aumenta a impermeabilidade no solo, em decorrência da pavimentação de ruas e avenidas, bem como a retirada de zonas verdes. Com isso, novos problemas vão surgindo e se refletem diretamente no microclima e ilhas de calor, como será debatido mais adiante.

No que se refere às empresas formais, a Tabela 16 apresenta um quantitativo dividido pelos subsetores de atividade econômica (setor primário, secundário e terciário), para os anos

de 2004 e 2013. Para o ano de 2004, o setor terciário abrange a maior quantidade de empresas, 22.775, e quase metade desta quantidade está destinada ao comércio varejista. O total de empresas, no ano de 2004 em Uberlândia, contando os três subsectores, eram de 27.114.

Para o ano de 2013, as empresas seguem a mesma tendência do ano de 2004, a maior quantidade de empresas é encontrada no setor terciário 30.861, sendo o comércio varejista a atividade com um maior quantitativo. Em 2013, havia 37.736 empresas em Uberlândia, com 10.622 a mais que no ano de 2004.

**Tabela 16** - Total de empresas formais por subsectores de atividades econômicas 2004 – 2013 – Uberlândia

<b>Subsectores de Atividade Econômica do Setor Primário</b>	<b>2004</b>	<b>2013</b>
Agricultura, silvicultura, criação de animais, extrativismo vegetal.	1.157	1.278
<b>Total*</b>	<b>1.157</b>	<b>1.278</b>
<b>Subsectores de Atividade Econômica do Setor Secundário</b>		
Extrativa mineral	69	48
Indústria de produtos minerais não metálicos	80	123
Indústria metalúrgica	206	368
Ind. química de prod. farmacêuticos, veterinários, perfumaria.	139	163
Indústria têxtil do vestuário e artefatos de tecidos	302	361
Indústria de calçados	62	49
Indústria de produtos alimentícios, bebidas e álcool etílico	484	621
Serviços industriais de utilidade pública	31	38
Construção civil	1187	2.792
<b>Total*</b>	<b>3.182</b>	<b>5.597</b>
<b>Subsectores de Atividade Econômica do Setor Terciário</b>		
Comércio varejista	10.181	11.990
Comércio atacadista	2.138	2.869
Instituições de crédito, seguros e capitalização	412	520
Com. e administração de imóveis, valores mobiliários, serv. técnico...	4.151	6.718
Transportes e comunicações	1.421	2.381
Serv. de alojamento, alimentação, reparação, manutenção, redação, ...	2.930	4.116
Serviços médicos, odontológicos e veterinários	1.069	1.498
Ensino	424	727
Administração pública direta e autárquica	49	42
<b>Total*</b>	<b>22.775</b>	<b>30.861</b>
<b>Total Empresas Setor Primário, Secundário e Terciário</b>	<b>27.114</b>	<b>37.736</b>

\*Total de empresas que contrataram ou não empregados

Fonte: Ministério do Trabalho e Empregos – Relação Anual da Informações Sociais – RIAS 2013.

Org: GOMIDE (2015)

Uberlândia se tornou cidade-polo na região triangulina no que se refere ao comércio, bens de serviço e consumo, particularmente no setor agroindustrial. Várias empresas nacionais e multinacionais possuem instalação na cidade, como é o caso da Cargil Agrícola, Companhia de Telecomunicações do Brasil Central, Petróleo Brasileiro S/A Petrobrás, Souza Cruz S/A, Carrefour Comércio, Supermercado Walmart, entre outras, frisando o setor polarizador que a região se tornou (LOPES; RAMIRES 2012).

O município de Uberlândia apresenta hoje um total de 654.681 habitantes, abrangendo uma área de 4.115 km<sup>2</sup>. Do ano de 2000 a 2014, Uberlândia aumentou sua população, que era de 500.095 habitantes para, aproximadamente, 654 mil habitantes, gerando um crescimento de cerca de 150 mil pessoas (Tabela 17). Em 2004, moravam na cidade 556.133 habitantes, e até o ano de 2014, houve um incremento de mais de 80 mil pessoas; passando para 638.637 pessoas.

**Tabela 17** - Estimativa populacional para Uberlândia (2000 – 2014)

Área	2000	2004	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Rural</b>	12.208	13.909	14.741	14.952*	15.159*	15.823*	16.044*
<b>Urbano</b>	487.887	556.133	589.272	596.952*	604.377*	630.850*	638.637*
<b>Total</b>	<b>500.095</b>	<b>570.042</b>	<b>604.013</b>	<b>611.904</b>	<b>619.536</b>	<b>646.673</b>	<b>654.681</b>

**Fonte:** IBGE \*Estimativas da População Urbana e Rural de 2011, 2012, 2013 e 2014 feitas pelo NPEBD/DPI/Seplan/PMU.

Com a expansão industrial, populacional e, sobretudo, urbana ocorreu um notório adensamento da construção civil na cidade, mas nota-se, também, a criação de áreas verdes, como parques, áreas de proteção ambiental e praças em razão, provavelmente, do incentivo de leis ambientais e dos vazios urbanos com coberturas de vegetação existentes em Uberlândia. Todavia são ótimos espaços de lazer para a população, contribuindo com as “zonas de frescor” responsáveis pelo conforto térmico na localidade.

No que concerne às áreas de proteção ambiental do município, ao todo, existem treze parques e reservas ambientais em Uberlândia, oito destas situadas no perímetro urbano, e destacadas na sequência:

- Parque Municipal do Distrito Industrial – localizado no setor norte da zona urbana com área total de 28,24 hectares. Endereço: Distrito Industrial, s/nº. (Margem direita do Córrego Liso entre a rua Audina Carrijo e Avenida Coronel José Teófilo Carneiro).
- Parque Municipal Luizote de Freitas – localizado no setor oeste da zona urbana com área total de 5,59 hectares. Endereço: Rua Genarino Cazabona, s/nº. Bairro Luizote de Freitas.
- Parque Municipal Mansour – localizado no setor oeste da zona urbana com área total de 11,72 hectares. Endereço: Rua Rio Jaguari, s/nº. Bairro Mansour;
- Parque Municipal Santa Luzia – localizado no setor sul da zona urbana com área total de 26,83 hectares. Endereço: Rua Alípio Abrão, nº 600. Bairro Santa Luzia.
- Parque Municipal Victório Siquieroli – localizado no setor norte da zona urbana com área total de 23,23 hectares. Endereço: Avenida Nossa Senhora do Carmo, nº 707. Bairro Jardim América.
- Parque Municipal Virgílio Galassi – Parque do Sabiá – localizado no setor leste da zona urbana. Nas dependências do Parque Municipal Virgílio Galassi encontra-se localizado o Parque do Sabiá com área total de 184 hectares, 7 ares, 478 centiares. Endereço: Avenida Haia, s/nº. Bairro Tibery.
- Parque Natural Municipal do Óleo – localizado no setor oeste da zona urbana com área total de 18,75 hectares. Endereço: Rua Sudepe s/nº, Bairro Planalto.
- Área de Relevante Interesse Ecológico Morada do Sol – localizada no setor oeste da zona urbana no Loteamento Chácaras Morada do Sol com área total de 57,21 hectares. Endereço: Rodovia BR 365, Km 634 (BDI, 2013, p13).

De acordo com a Prefeitura Municipal de Uberlândia (2013), os treze parques contidos no município somam 2,8 milhões de m<sup>2</sup> de áreas verdes, ocupando cerca de 2% da zona urbana. As reservas e parques variam em sua extensão, algumas com 5 hectares e outras se destacando, chegando a mais de 184 hectares, como é o caso do Parque do Sabiá, o mais importante da cidade e um dos principais pontos de entretenimento e lazer.

Além de contribuir com a preservação dos ambientes naturais, fauna e flora da região, assim como com o bioma Cerrado, os parques auxiliam na formação das zonas de frescor da cidade, amenizam, na maioria das vezes, a temperatura em torno de sua localidade e possibilitam perímetros com maior umidade. Também é importante lembrar que é uma fonte de lazer e entretenimento gratuita à comunidade.

A seguir, será apresentada uma breve caracterização dos setores (central, norte, sul, leste e oeste) instituídos pela Prefeitura Municipal de Uberlândia. Mas, que, nesta análise, se

procura conhecer as peculiaridades de cada setor e relacioná-las com a formação do fenômeno das ilhas de calor.

## **4.2 Evolução Urbana de 2004 a 2014 - Divisão por Setores**

### **4.2.1 Setor central**

De acordo com o Zoneamento Urbano de 2014, no setor central de Uberlândia, estão contidos 11 bairros: Brasil, Nossa Sra. Aparecida, Cazeca, Bom Jesus, Martins, Centro, Fundinho, Lídice, Tabajaras, Daniel Fonseca e Osvaldo Resende (Tabela 18).

Em 2004, o setor central apresentava uma densidade de 7.0 hab./km<sup>2</sup> e foi caracterizado como o menor setor em área, mas o mais denso em população (CLEPS, 2008). Neste mesmo setor, estavam concentrados 17,86% da população Uberlandense na mesma época (CARNEIRO FILHO et al 2008).

O setor central, em 2004, possuía uma área total de 14 km<sup>2</sup>, com 99.339 habitantes e 32.233 domicílios. Em 2010, o mesmo setor possuía uma área total de 13.6 km<sup>2</sup>, 34.785 números de domicílio e um total de 84.903 moradores (Tabela 18).

Nota-se que a população do bairro diminuiu em um total de 14.436 habitantes de 2004 para 2010, isto pode ser explicado pela descentralização, a busca de condomínios fechados e bairros periféricos que proporcionassem maior qualidade de vida, tranquilidade, segurança e mobilidade.

Significativa parte do comércio está situada na área central, vale lembrar que, em 2004, as empresas de comércio varejistas e atacadistas somavam mais de 12 mil na cidade e, em 2013, aproximadamente, 14 mil. O centro abrange “estabelecimentos de uso comercial e de serviços especializados como: bancos, escolas particulares, consultórios médicos, serviços jurídicos, entre outros” (SILVA; CLEPS, 2014, p. 62).

**Tabela 18** - Bairros do setor central, população por bairro, área (km<sup>2</sup>) e número de domicílios (2010)

<b>Bairro</b>	<b>2004</b>			<b>2010</b>		
	<b>Pop. Por Bairro</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)*</b>	<b>Nº De Domic.</b>	<b>Pop. Por Bairro</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)*</b>	<b>Nº De Domic.</b>
<b>Fundinho</b>	3.122	0,36	1028	2.732	0.38	1.259
<b>Centro</b>	8.008	1,38	3022	7.262	1.38	3.663
<b>Lídice</b>	5.259	0,70	2158	4.180	0.69	1.771
<b>Cazeca</b>	3.395	0,39	1039	3.202	0.39	1.280
<b>Tabajaras</b>	7.156	1,24	2180	6.811	1.23	2.746
<b>Bom Jesus</b>	5.512	0,67	1770	4.466	0.67	1.829
<b>Martins</b>	10.535	1,46	3425	8.788	1.45	3.717
<b>Oswaldo Rezende</b>	22.686	2,51	7117	18.578	2.50	7.241
<b>Daniel Fonseca</b>	5.350	1,05	1589	4.793	1.02	1.769
<b>Nossa Senhora Aparecida</b>	13.977	1,72	4607	11.390	1.71	4.678
<b>Brasil</b>	14.339	2,19	4299	12.701	2.20	4.832
<b>Totais</b>	99.339	14	32.233	84.903	13.6	34.785

**Fonte:** IBGE (2010); Estimativa populacional – Secretaria Municipal de Planejamento e desenvolvimento Urbano SEDUR (2004)

\* - Fonte da área: Base cartográfica municipal – DPI

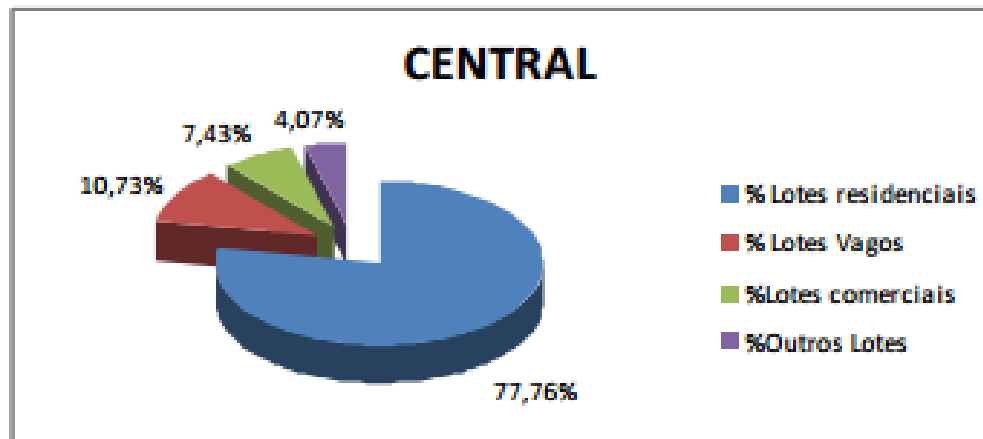
Contudo, em 2009, o setor central possuía 77,7% de sua área destinada a lotes de residências, 10,7% com lotes vagos, 4,0 % com outros usos e 7,4% referidos ao comércio. É o setor que mais possui áreas destinadas à atividade comercial em Uberlândia, como pode ser visualizado na Figura 18.

As construções prediais têm notoriedade nesse setor, em 2012 foram aprovados 393.947.20 m<sup>2</sup> de área para edifícios residenciais, é onde se nota a maior concentração de prédios.

No setor central, em geral, “a cobertura vegetal revela índices de vegetação rarefeito, pouco convívio com a vida selvagem e pontos paisagísticos, são escassos” conforme Vital (2012, p. 368). A mesma autora ressalta que este setor contém sete praças, contudo ainda há

falta de arborização e impermeabilização do solo, fatores importantes para a contribuição da sensação térmica local.

**Figura 18** - Distribuição de lotes no setor central de Uberlândia (%)



**Fonte:** Diagnóstico Estratégico de Habitação de Interesse Social - Prefeitura Municipal de Uberlândia (2009)

A fim de ilustrar o setor central, a Figura 19 mostra o adensamento de prédios existente na região do centro, principalmente nos bairros Centro, Lídice, Cazeca, Fundinho.

**Figura 19** - Foto panorâmica da cidade de Uberlândia



**Fonte:** Daniel Nunes (Secom/PMU) - Estado de Minas, domingo, 6/11/2011

Já a Figura 20 revela o adensamento de domicílios no bairro Nossa Senhora Aparecida. Neste bairro, é predominante a existência de edifícios de 3 a 4 andares, e com

alguns poucos maiores que estes. Vale ressaltar que o setor central é habitado, mormente, pela classe média, na maioria dos bairros.

**Figura 20** - Foto do Bairro Nossa Senhora Aparecida – Uberlândia



Fonte: Correio de Uberlândia (2011)

#### 4.2.2 Setor norte

O Setor Norte é composto pelos bairros Minas Gerais, Marta Helena, Residencial Gramado, Pacaembu, Maravilha, Jardim Brasília, São José e Presidente Roosevelt, Santa Rosa e Nossa Senhora das Graças (Tabela 19).

Esse setor, em 2004, possuía uma densidade demográfica de 3.7 hab./km<sup>2</sup> (CLEPS, 2008) e representava 17,73% da população total de Uberlândia (CARNEIRO FILHO et al, 2008) (Tabela 19).

Em 2004, a população total do setor norte era de 98.593 habitantes, sua área era de 15 km<sup>2</sup> e com cerca de 30.190 domicílios. No ano de 2010, o setor norte agregava um total de 93.267 pessoas, sua área era de 19.6 km<sup>2</sup> e contava com 32.428 domicílios.

Comparando os dados do setor norte para o ano de 2004 e 2010, identifica-se que este teve crescimento em sua área de 4.6 km<sup>2</sup> e mais de 2 mil novos domicílios. No que tange à população, ocorreu um decréscimo de, aproximadamente, 5 mil habitantes (Tabela 19).

**Tabela 19** - Bairros componentes do setor norte, população por bairro, área (km<sup>2</sup>) e número de domicílio (2010)

Bairro	2004			2010		
	Pop. Por Bairro	Área (Km <sup>2</sup> )*	Nº De Domic.	Pop. Por Bairro	Área (Km <sup>2</sup> )*	Nº De Domic.
<b>Presidente Roosevelt</b>	23.507	3,29	6.942	21.297	3.3	7.811
<b>Jardim Brasília</b>	14.465	2,80	4.082	14.439	2.84	5.020
<b>São José</b>	488	0,90	126	392	0.8	122
<b>Marta Helena</b>	10.923	1,81	3.330	9.761	1.8	3.599
<b>Maravilha</b>	4.809	1,12	1.362	6.643	1.12	2.323
<b>Pacaembu</b>	10.237	1,24	2.845	9.304	1.24	3.033
<b>Santa Rosa</b> <sup>1</sup>	18.759	-	6.725	11.357	2.87	3.802
<b>Residencial Gramado</b> <sup>1</sup>	2.710	0,47	733	2.558	0.5	834
<b>Nossa Senhora Das Graças</b> <sup>1</sup>	6.567	-	2.354	9.301	1.89	3.129
<b>Minas Gerais</b>	6.130	3,28	1.692	8.215	3.22	2.755
<b>Totais</b>	98.593	15	30.190	93.267	19.6	32.428

**Fonte:** IBGE (2010); Estimativa populacional – Secretaria Municipal de Planejamento e desenvolvimento Urbano SEDUR (2004)

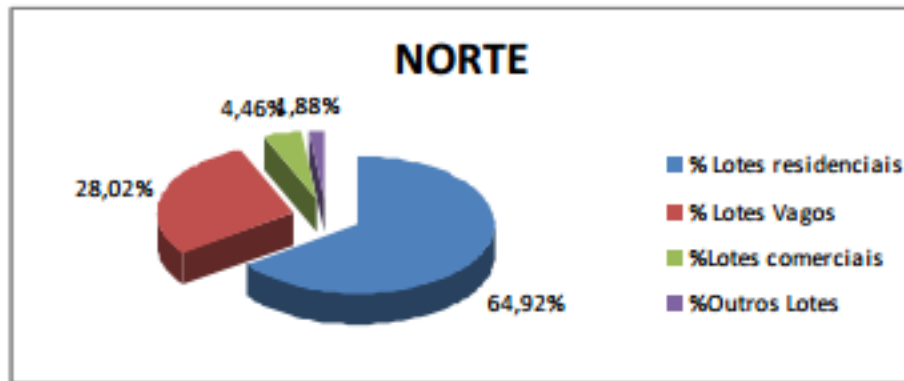
NI = Não Informado - Bairros com dados agregados a outros

\* - Fonte da área: Base cartográfica municipal - DPI

1 = Além dos dados do IBGE, utilizou-se imagens de satélite, informações da prefeitura e estimativa para ajustar a população do censo 2010 deste bairro.

A grande maioria dos loteamentos no setor norte é disponibilizada para residências, 64,92 %, mas nota-se também significativa quantidade de lotes vagos, 28.02%, lotes comerciais totalizavam 4,4% do setor em 2009, como pode ser visualizado na Figura 21.

**Figura 21** - Distribuição de lotes no setor norte de Uberlândia (%)



**Fonte:** Diagnóstico Estratégico de Habitação e Interesse Social/Prefeitura Municipal de Uberlândia (2009)

Vale ressaltar que o setor norte possui população com renda variando de 3 a 5 salários mínimos mensais, exceto o bairro Presidente Roosevelt, que registra melhores condições socioeconômicas. A Figura 22, apresenta um loteamento na zona periférica, mais precisamente, no bairro Minas Gerais, e é possível visualizar significativos os vazios urbanos existentes no setor.

Outra característica do setor norte é a abrangência do distrito industrial, correspondendo a uma área de 9.6 milhões m<sup>2</sup>. Este possuía, em 2009, 266 indústrias de acordo com a Prefeitura de Uberlândia (2009). Lembra-se que, em 2012, o setor primário e o secundário compunham mais de 4 mil empresas com indústrias em vários segmentos, cuja a grande maioria se alojava no complexo industrial.

**Figura 22** - Bairro Minas Gerais – Setor Norte



**Fonte:** Diagnóstico Estratégico de Habitação de Interesse Social-Prefeitura Municipal de Uberlândia (2009)

### 4.2.3 Setor sul

O setor sul possuía, em 2014, 19 bairros, sendo: Tubalina, Cidade Jardim, Patrimônio, Nova Uberlândia, Morada da Colina, Vigilato Pereira, Saraiva, Jardim Karaíba, Santa Luzia, Granada, Laranjeiras, São Jorge, Lagoinha, Carajás, Pampulha, Santa Luzia, Jardim Inconfidência, Gávea, Jardim Sul e Shopping Park. Em 2004, este setor se compunha de 102.648 habitantes, distribuídos em 24.0 km<sup>2</sup>, com 29.566 domicílios (Tabela 20).

**Tabela 20** - Bairros componentes do setor sul, população por bairro, área (km<sup>2</sup>) e número de domicílio (2010)

Bairro	2004			Bairro	2010		
	Pop. Por Bairro	Área (Km <sup>2</sup> )*	Nº De Domic.		Pop. Por Bairro	Área (Km <sup>2</sup> )*	Nº De Domic.
Tubalina	9.655	1,53	2.811	Tubalina	8.960	1.53	3.283
Cidade Jardim	5.909	2,06	1.628	Cidade Jardim	7.378	2.60	2.471
Bons Olhos <sup>1</sup>	-	-	--	Nova Uberlândia	2.892	3.40	956
Patrimônio	3.707	0,99	1.147	Patrimônio	4.420	0.95	2.133
Morada Da Colina	1.906	2,74	524	Morada Da Colina	2.925	2.72	1.095
Vigilato Pereira	4.975	1,31	1.374	Virgilato Pereira	3.736	1.32	1.389
Saraiva	9.450	1,14	2.919	Saraiva	10.019	1.15	4.456
Lagoinha *	11.257	-	4.035	Jardim Karaíba	3.098	2.74	1.013
Carajás *	-	-	-	Granada	13.118	2.19	4.457
Pampulha *				São Jorge	26.564	4.58	8.239
Jardim Karaíba	2.072	2,78	557	Laranjeiras	19.403	4.96	6.325
Jardim Inconfidência <sup>1</sup>				** Demais Sul	19.012	-	6.479
Santa Luzia	4.387	0,70	1.197	Shopping Park +	-	-	-
Granada	8.486	0,47	2.457	Condomínio Bosque Karaíba	4.098	7.25	-
São Jorge	24.299	4,81	6.420				
Laranjeiras	16.544	4,93	4.497				
Shopping Park <sup>1</sup>	-	-	-				
<b>Totais</b>	<b>102.648</b>	<b>24.0</b>	<b>29.566</b>	<b>Totais</b>	<b>125.623</b>	<b>35.39</b>	<b>34.081</b>

Fonte: IBGE, 2010. Fonte da área: Base cartográfica municipal - DPI

Fonte: Estimativa populacional – Secretaria Municipal de Planejamento e desenvolvimento Urbano (2004)

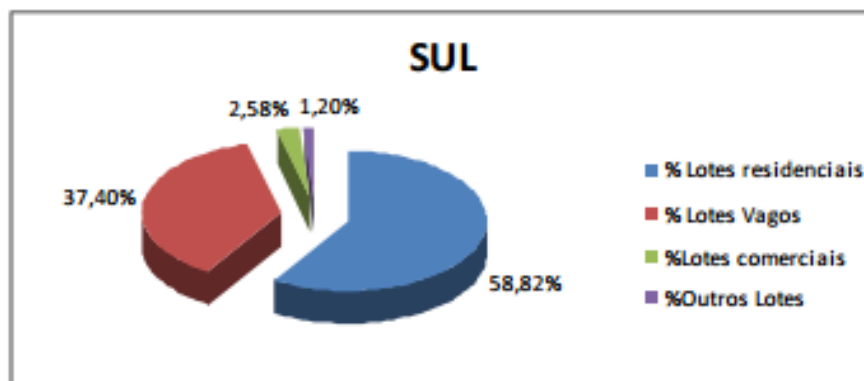
<sup>1</sup>Bairro ainda não aprovado por lei.

\*\*Demais Bairros com dados agregados -> Lagoinha + Carajás + Pampulha + Santa Luzia\* + Jardim Inconfidência.

No ano de 2010, o setor sul apresentou um total de 125.623 habitantes, 35.39 km<sup>2</sup> e 34.081 domicílios, de acordo com a Tabela 20. Nota-se que ocorreu um crescimento em todos os componentes deste setor, comparando ambos os anos, a população cresceu com novos 20 mil habitantes, sua área aumentou, em torno de 10 km<sup>2</sup> e a quantidade de domicílios, aproximadamente, 5 mil.

Chama-se a atenção para esse setor, pois contempla a maior quantidade de loteamentos vagos, correspondendo a 37,4%, 58,8% destinados a lotes residenciais e 2,5% a lotes comerciais (Figura 23).

**Figura 23** - Distribuição de lotes no setor sul de Uberlândia (%)



**Fonte:** Diagnóstico Estratégico de Habitação de Interesse Social - Prefeitura Municipal de Uberlândia (2009)

O setor sul é composto por bairros carentes e precários, mas também por bairros que estão em destaque pela ocupação de alto padrão social. Entre o senso comum, é tido como a área mais enriquecida da cidade, com habitações luxuosas, sendo ocupado, principalmente por pessoas de alta classe social. Silva (2012) salienta que esta ideia de “sul elitizado” é equivocada,

[...] visto que 73% da população residente no setor Sul habita bairros populares de baixa renda, enquanto que 22,5% residem em bairros de classe média e somente 4,5% da população é de moradores dos bairros de elevado padrão do setor. Esses dados, portanto, desconstruem a ideia de que todo o setor Sul de Uberlândia comporta majoritariamente bairros elitizados e, ao contrário disso, temos uma imensa massa de mais de dois terços do total de população de baixo poder aquisitivo habitando esta porção da cidade (SILVA, 2012, p. 72).

Mas é fato que alguns dos bairros de alta classe da cidade estão situados nesse setor, assim como outros bairros de classe baixa. Para melhor exemplificar esta disparidade, segue a

Figura 24, do bairro Karaíba, de alto padrão em habitações e em renda, ocupado, predominantemente, por casas cuja maioria é de dois andares.

**Figura 24** - Bairro Karaíba



**Fonte:** Correio de Uberlândia (2011)

A Figura 25 nos mostra o bairro Lagoinha, circulado em vermelho uma área de ocupação irregular deste bairro, que, por se tratar de área de preservação permanente do Rio Uberabinha, é caracterizada pela Prefeitura Municipal de Uberlândia como irregular e em processo de favelamento, sendo este bairro o terceiro mais populoso do setor em 2004.

**Figura 25** - Bairro Lagoinha



**Fonte:** Diagnóstico Estratégico de Habitação Interesse Social/Prefeitura Municipal de Uberlândia (2009).

#### 4.2.4 Setor leste

Neste setor, há 17 bairros, identificados como: Aclimação, Alto Umuarama, Alvorada, Custódio Pereira, Grand Ville, Granja Marileusa, Jardim Ipanema, Morada dos Pássaros, Morumbi, Nova Alvorada, Novo Mundo, Portal do Vale, Residencial Integração, Santa Mônica, Segismundo Pereira, Tibery e Umuarama (Tabela 21).

**Tabela 21** - Bairros componentes do setor leste, população por bairro, área (km<sup>2</sup>) e número de domicílios (2010)

2004				2010			
Bairro	Pop. Por Bairro	Área (Km <sup>2</sup> )*	Nº De Domic.	Bairro	Pop. Por Bairro	Área (Km <sup>2</sup> )*	Nº De Domic.
Tibery	21.161	3,37	6.182	Tibery	18.631	3.37	6.788
Santa Mônica	31.646	5,73	9.343	Santa Mônica	35.737	5.74	14.456
Segismundo Pereira	18.160	3,18	5.171	Segismundo Pereira	18.537	3.18	6.273
Umuarama	3.414	1,3	976	Umuarama	3.736	1.33	1.754
Custódio Pereira	10.388	2,81	2.985	Custódio Pereira	9.551	2.82	3.395
Aclimação - NI	9.068	1,06	3.251	Residencial Integração *	14.374	-	4.953
Alto Umuarama <sup>1</sup>	-	-	-	Demais Bairros do Setor Leste **	18.430	-	6.656
Jardim Ipanema	7.003	1,25	2.511	Morumbi	18.004	3.83	5.677
Morada Dos Pássaros <sup>1</sup>	-	-	-				
Mansões Aeroporto	1.376	2,30	493				
Dom Almir - NI	4.377	0,10	1.570				
Alvorada - NI	4.127	0,21	1.479				
Morumbi	15.741	3,85	4.258				
<b>Total</b>	<b>126.461</b>	<b>25</b>	<b>38.219</b>	<b>Totais</b>	<b>137.000</b>	<b>20.27</b>	<b>49.952</b>

Fonte: IBGE (2010); Estimativa populacional – Secretaria Municipal de Planejamento e desenvolvimento Urbano SEDUR (2004)

\* Bairros Não Aprovados (Ainda sem lei que delimita o Bairro Integrado)

\*\* População do Bairro Integrado ainda não provado denominado Aclimação somado com a população dos Bairros Integrados: Alto Umuarama, Jd. Ipanema, Morada dos Pássaros e Mansões Aeroporto

\* - Fonte da área: Base cartográfica municipal – DPI.

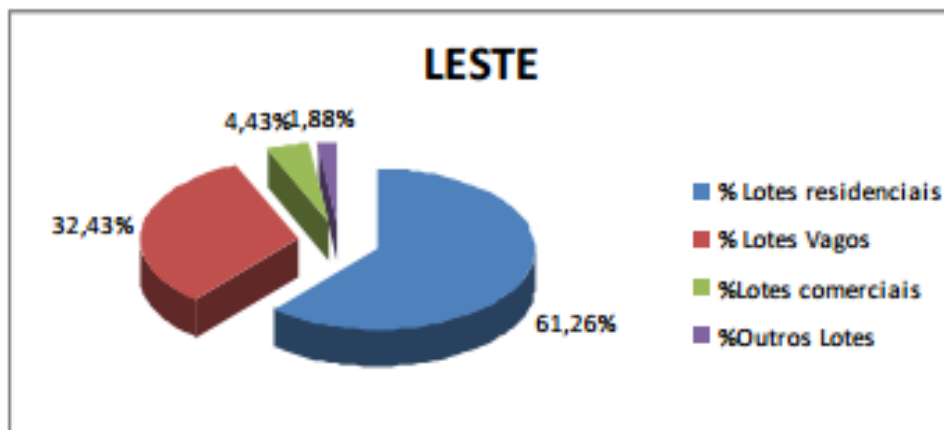
NI - Não Integrado/ <sup>1</sup> Bairro não Censeado

Analisando a densidade demográfica, Cleps (2008) identificou que nesse setor, havia uma densidade de 4.8 hab./km<sup>2</sup>; em 2004. Neste mesmo período, Carneiro Filho et al. (2008) relatam que o setor leste compunha 22,74% da população de Uberlândia, sendo o segundo setor mais populoso.

Em 2004, a zona leste possuía um total de 126.461 habitantes, com 38.219 domicílios em uma área de 25 km<sup>2</sup> (Tabela 21). Em 2010, no mesmo setor, o número de habitantes era de 137.00 e o número de domicílios 49.952. Em geral, houve um aumento de, aproximadamente, 10 mil habitantes e 11 mil domicílios, comparando o crescimento do ano de 2004 até 2010, como visto na Tabela 21.

Em meados de 2009, 61.2 % dos loteamentos no setor leste eram destinados às residências, 4.4 % para lotes comerciais e 32.4% eram loteamentos vagos, contribuindo com os chamados “vazios urbanos” (Figura 26).

**Figura 26** - Distribuição de lotes no setor leste de Uberlândia (%)



**Fonte:** Diagnóstico Estratégico de Habitação de Interesse Social - Prefeitura Municipal de Uberlândia (2009)

O bairro mais populoso era o Santa Mônica, com 31.646 habitantes, com 5,73 km<sup>2</sup> e 9.343 domicílios, uma justificativa para a quantidade de habitantes deste bairro, é a presença da sede da Universidade Federal de Uberlândia, a qual concentra significativos números de estudantes que moram em seu entorno. Este bairro, além da universidade, é caracterizado pelo elevado número de domicílios, sendo qualificado como um bairro primordialmente residencial.

Para melhor caracterizar o bairro que contém maior população desse setor com 31.646 habitantes, 5,73 km<sup>2</sup> e 9.343 domicílios, visualiza-se, na Figura 27, o bairro Santa Mônica. Na

área verde da figura, encontram-se a Universidade Federal de Uberlândia, e residências e prédios com 3 a 4 pavimentos (muito comum neste bairro) e alguns pontos comerciais.

**Figura 27** - Bairro Santa Mônica e Universidade Federal de Uberlândia



**Fonte:** Foto de Milton Santos (2014) / Comunica UFU

#### 4.2.5 Setor Oeste

Em 2014, no setor oeste, compreendia 16 bairros integrados, sendo eles: Chácaras Tubalina e Quartel, Dona Zulmira, Guarani, Jaraguá, Jardim Canaã, Jardim das Palmeiras, Jardim Holanda, Jardim Patrícia, Luizote de Freitas, Mansour, Morada do Sol, Panorama, Planalto, Taiaman, Tocantins e Jardim Europa (Tabela 22).

Em 2004, este setor possuía um total de 129.092 habitantes, em 37km<sup>2</sup> (o maior setor em área) e com 36.024 domicílios. Percebeu-se um aumento de 11.447 moradores no setor oeste, e, relacionado aos domicílios, o crescimento foi de, aproximadamente, 12 mil habitações, de acordo com a Tabela 22.

**Tabela 22** - Bairros componentes do setor oeste, população por bairro, área (km<sup>2</sup>) e número de domicílio (2010)

Bairro	2004			Bairro	2010		
	Pop. Por Bairro	Área (Km <sup>2</sup> )*	Nº de Domic.		Pop. Por Bairro	Área (Km <sup>2</sup> )*	Nº de Domic.
Jaraguá	9.411	1,63	2.754	Jaraguá	8.083	1.61	2.918
Planalto	17.089	2,06	4.694	Planalto	15.668	2.02	5.243
Chácaras Tubalina e Quartel	4.622	2,96	1.566	Chác. Tubalina e Quartel	6.410	2.97	2.674
Jardim das Palmeiras	13.163	2,06	3.635	Jardim das Palmeiras	13.983	1.98	4.613
Jardim Canaã	10.767	3,12	2.914	Jardim Canaã	14.860	3.12	4.808
Panorama	388	5,39	93	Panorama	3.086	5.25	1.052
Jardim Holanda	1.537	3,31	467	Jardim Holanda	4.879	3.30	1.976
Mansour	8.515	1,37	2.325	Mansour	7.159	1.36	2.277
Jardim Europa <sup>1</sup>	-	-	-	Jardim Europa	4.675	3.99	1672
Luizote de Freitas	21.171	2,45	5.927	Luizote de Freitas	19.168	2.55	6.411
Jardim Patrícia	6.231	1,95	1.747	Jardim Patrícia	8.242	1.91	2.760
Dona Zulmira	3.492	0,93	1.002	Dona Zulmira	4.045	0.95	1.462
Taiaman	8.179	2,22	2.279	Taiaman	8.318	2.03	2.866
Guarani	10.350	2,21	2.790	Guarani	9.046	2.26	2.946
Tocantins	13.728	1,70	3.687	Tocantins	12.431	1.77	4.128
Morada do Sol	450	3,85	144	Morada do Sol	486	3.97	262
<b>Totais</b>	<b>129.092</b>	<b>37</b>	<b>36.024</b>	<b>Totais</b>	<b>140.539</b>	<b>41.04</b>	<b>48.068</b>

**Fonte:** IBGE, 2010; Estimativa populacional – Secretaria Municipal de Planejamento e desenvolvimento Urbano SEDUR (2004)

\* Bairros Não Aprovados (Ainda sem lei que delimita o Bairro Integrado)

\*\* População do Bairro Integrado ainda não provado denominado Aclimação somado com a população dos Bairros Integrados: Alto Umarama, Jd. Ipanema, Morada dos Pássaros e Mansões Aeroporto

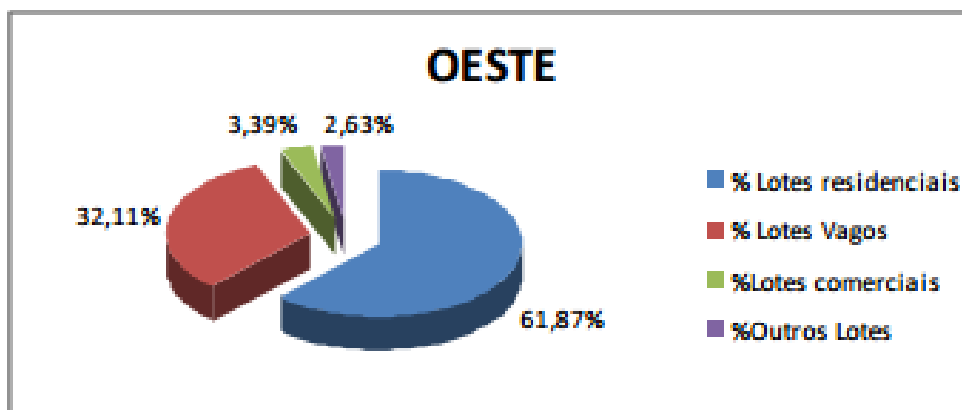
\* - Fonte da área: Base cartográfica municipal – DPI

<sup>1</sup> Bairro não censiado

No ano de 2004, o setor apresentava uma densidade populacional de 3.5 hab./km<sup>2</sup> e abrangia 23.21% da população de Uberlândia. Em 2009, foi possível mensurar que 61.8 %

dos loteamentos eram destinados às residências, 3.3% aos lotes comerciais, e 32.1% constituíam lotes vagos, como mostrado na Figura 28 abaixo.

**Figura 28** - Distribuição de lotes no setor oeste de Uberlândia (%)



**Fonte:** Diagnóstico Estratégico de Habitação de Interesse Social - Prefeitura Municipal de Uberlândia (2009)

A ocupação da cidade foi intensa nesta década. Em todos os setores, ocorreu o aumento da população e domicílios, com exceção do setor central. A cidade continuou sua evolução urbana sem planejamento, diga-se de passagem, o que pode influenciar na concentração de calor no perímetro urbano. Na sequência, serão abordados os resultados para o estudo da temperatura de superfície e a existência de ilhas de calor em Uberlândia.

## **RESULTADOS**

## **CAPÍTULO V**

## **5 ILHAS DE CALOR EM UBERLÂNDIA NOS ANOS DE 2004 E 2014**

Neste capítulo, será tratado sobre a existência do fenômeno de ilhas de calor mediante a mensuração da temperatura de superfície, aliada à compreensão do uso do solo por meio do índice de NDVI, imagens do google Earth e com os dados sobre a população, área (km<sup>2</sup>) e domicílios dos bairros.

Inicialmente, tratou-se do recorte da área de estudos, que abrange a malha urbana de Uberlândia e seu entorno contemplando a zona rural, para que, assim, possibilitasse uma visão geral e comparativa tanto da cidade (objetivo desta pesquisa) como do perímetro rural.

Posteriormente, foram arrolados os resultados obtidos em cada setor da cidade, para os anos de 2004 e 2014, visando a uma análise mais detalhada da malha urbana com os elementos tratados no trabalho, temperatura de superfície, ilhas de calor e índice NDVI.

### **5.1 Usos da Terra e Ilhas de Calor no Ano de 2004**

A forma de ocupação das cidades tem reflexos na existência de ilhas de calor. Em Uberlândia, no ano de 2004, havia 570.042 habitantes (zona rural e urbana), um significativo aglomerado de pessoas e de edificações que pode ocasionar a elevação de temperatura em determinadas áreas, principalmente em razão da retirada de vegetação.

Relembrando, para a mensuração da temperatura de superfície da cidade de Uberlândia no ano de 2004, utilizou-se a banda 6 do satélite Landsat TM/5, da data de 18/06/2004, os dados foram processados nos software Idrisi 17.0 e Arcgis 9.4, por meio de fórmulas para o cálculo de radiância, temperatura em graus Celsius e correção atmosféricas (mais bem explicadas no capítulo 2).

Na Figura 29, está disposto o mapa de temperatura de superfície de Uberlândia para o ano de 2004. Todos os bairros da cidade encontram-se assinalados numericamente, os nomes dos mesmos respectivamente com sua numeração estão correspondendo a Figura 17 no capítulo quatro.

Em Uberlândia, no ano de 2004 foram encontrados locais com temperaturas mais elevadas, de 32,1 a 38,0 °C, que foram caracterizados, neste trabalho, como ilhas de calor. Isto ocorreu em virtude da diferença de temperatura que estas representam em relação ao seu

entorno, conforme o conceito de ilhas de calor ressaltado no capítulo 1 por Gartland (2010), relatando que as ilhas de calor são caracterizadas pela concentração de temperatura mais quentes em determinado local, se comparado com sua área circunvizinha, formando uma espécie de “oásis inverso”.

A legenda foi dividida com temperaturas menores de 20.0 °C á máxima alcançada no dia, agrupados em classes de 3 em 3°C, separados por cores diferentes. As maiores temperaturas encontrados, classificados como ilhas de calor, ocorreram, principalmente, no perímetro urbano na porção oeste e sul (Figura 29). Vale lembrar que a temperatura do ar para essa data em Uberlândia foi de 24.4 °C, todavia Coltri (2006) salienta que a temperatura de superfície é mais alta que a do ar.

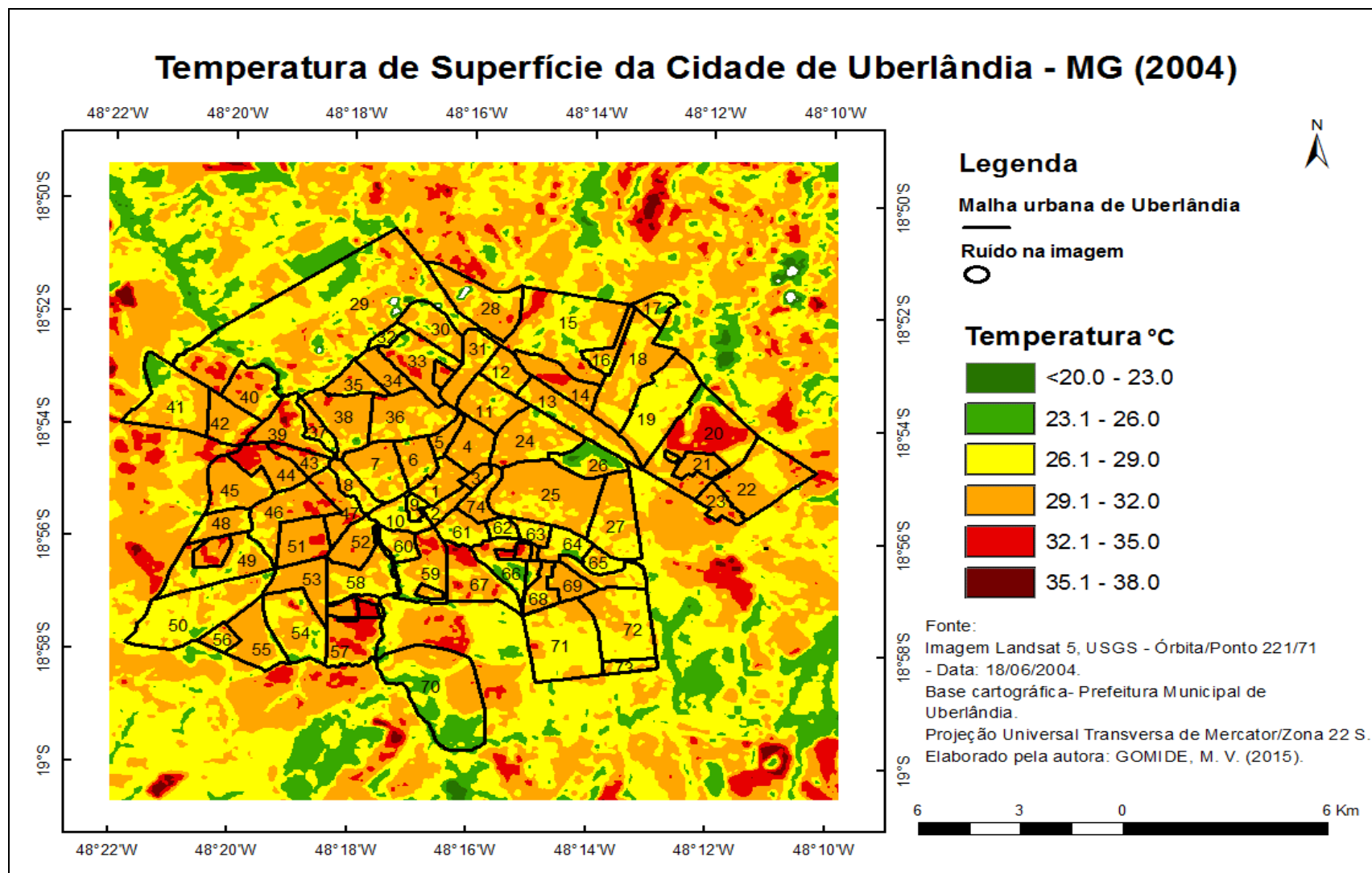
Os valores de temperatura de superfície predominantes na cidade variaram, de 26.1 a 32.0 °C. Na Figura 29, nota-se que o perímetro rural (mesmo não sendo foco desta pesquisa) apresentou, na data 18/06/2004, temperatura predominante entre 26.1 a 29.0 °C, sendo possível relacionar as baixas temperaturas com as zonas de vegetação e as altas com os solos expostos.

O solo exposto ou nu possui albedo de 7 a 20%, tratam-se de superfícies extremamente seca e clara (se comparada a floresta ou vegetação densa) emitindo maior radiação. O solo nu, ou áreas sem vegetação, ocorrem devido, principalmente, à colheita de culturas (quando encontrados na zona rural), há também os solos que possuem pouca presença (parcial) de vegetação, como a pastagem degradada com pouca ocorrência do capim ou braquiária, ou loteamentos vazios no meio urbano, ambos possuindo fina camada de cobertura vegetal.

Em decorrência do período de aquisição das imagens de satélite ser no inverno, precisamente no mês de junho, o solo e a vegetação se encontram secos, devido à estiagem. Se o solo estiver coberto por cultivos agrícolas secos ou até mesmo grama seca, os índices de albedo neste tipo de superfície aumentam para 25%. As principais culturas produzidas na zona rural de Uberlândia são, especialmente, soja, sorgo e milho, que tem safra no período de do mês de abril a dezembro.

Temperaturas com menores valores, de 20.0 a 26.0 °C, visualizam-se em poucos locais na zona urbana, como na porção leste, que se refere ao parque existente na cidade e em outros fragmentos próximos ao percurso do rio Uberabinha na zona norte e sul (Figura 29).

**Figura 29** - Temperatura de superfície da cidade de Uberlândia – MG (2004)



Com o auxílio do NDVI, foi possível compreender as áreas mapeadas com vegetação ou a ausência desta, ajudando no entendimento do uso do solo. Variando com índices de -1 a 1, em que o valor negativo se caracteriza pela ausência de vegetação, representando locais com água e sombra; próximo de 0, representa a ausência de vegetação (solo exposto) e próximo de 1 o predomínio da mesma (Figura 30).

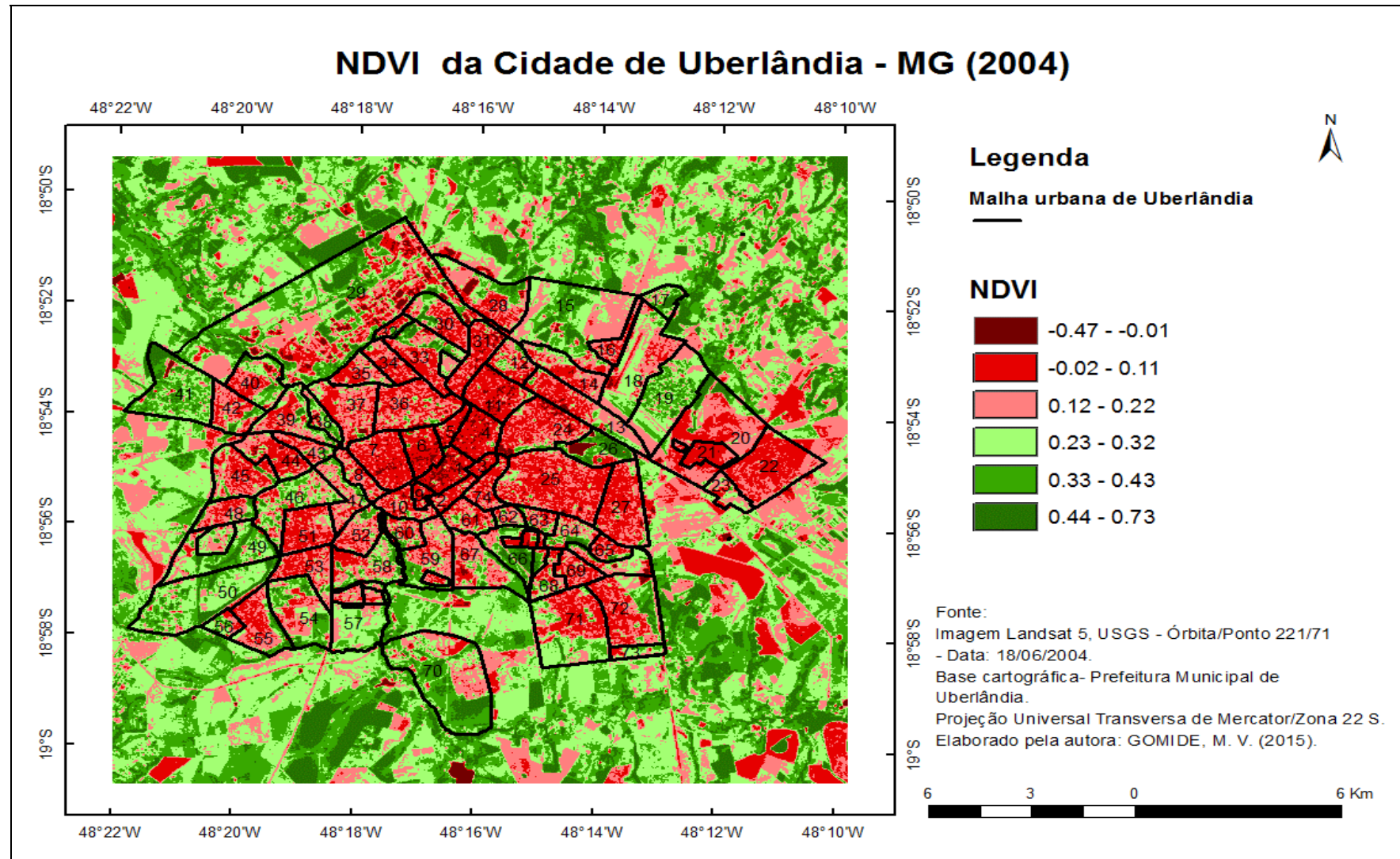
Por meio da Figura 30, é possível perceber que a área urbana é caracterizada pela ausência de vegetação, particularmente na área central. Há também ausência desta em alguns pontos na área rural, representada pela cor marrom como indicado na legenda, com valores negativos variando de -0.47 a -0.01, tratando-se de corpos hídricos.

Nas áreas urbanizadas, a vegetação tem estreita relação com a densidade populacional, ou seja, quanto mais aglomeração de pessoas, maior será a de edificações e menos vegetação permanecerá. Comparando o mapa de temperaturas, expresso na Figura 29, e o mapa de NDVI apresentado na Figura 30, percebe-se que as maiores temperaturas, são, em geral, encontradas em áreas com parcial e/ou ausências de vegetação. A vegetação desempenha papel importante na amenização da temperatura local, criando ilhas de frescor em meio à malha urbana, visível em alguns pontos na cidade, principalmente no Parque do Sabiá, na zona leste da malha urbana.

Visando a um melhor detalhamento na descrição dos mapas realizados, serão analisadas temperatura de superfície e o índice NDVI, tendo por base a setorização dos bairros da cidade de Uberlândia.

Foram encontradas áreas brancas em meio a carta de temperatura de superfície, localizadas ao norte da malha urbana (decorrente do uso específico de um material de construção empregado em telhados) e a leste no perímetro rural (em virtude de nuvens na imagem). Será especificado melhor sobre esta ocorrência na descrição do Setor Norte, adiante.

**Figura 30** - NDVI da cidade de Uberlândia – MG (2004)



## 5.2 Detalhamento das Ilhas de Calor por Setores (2004)

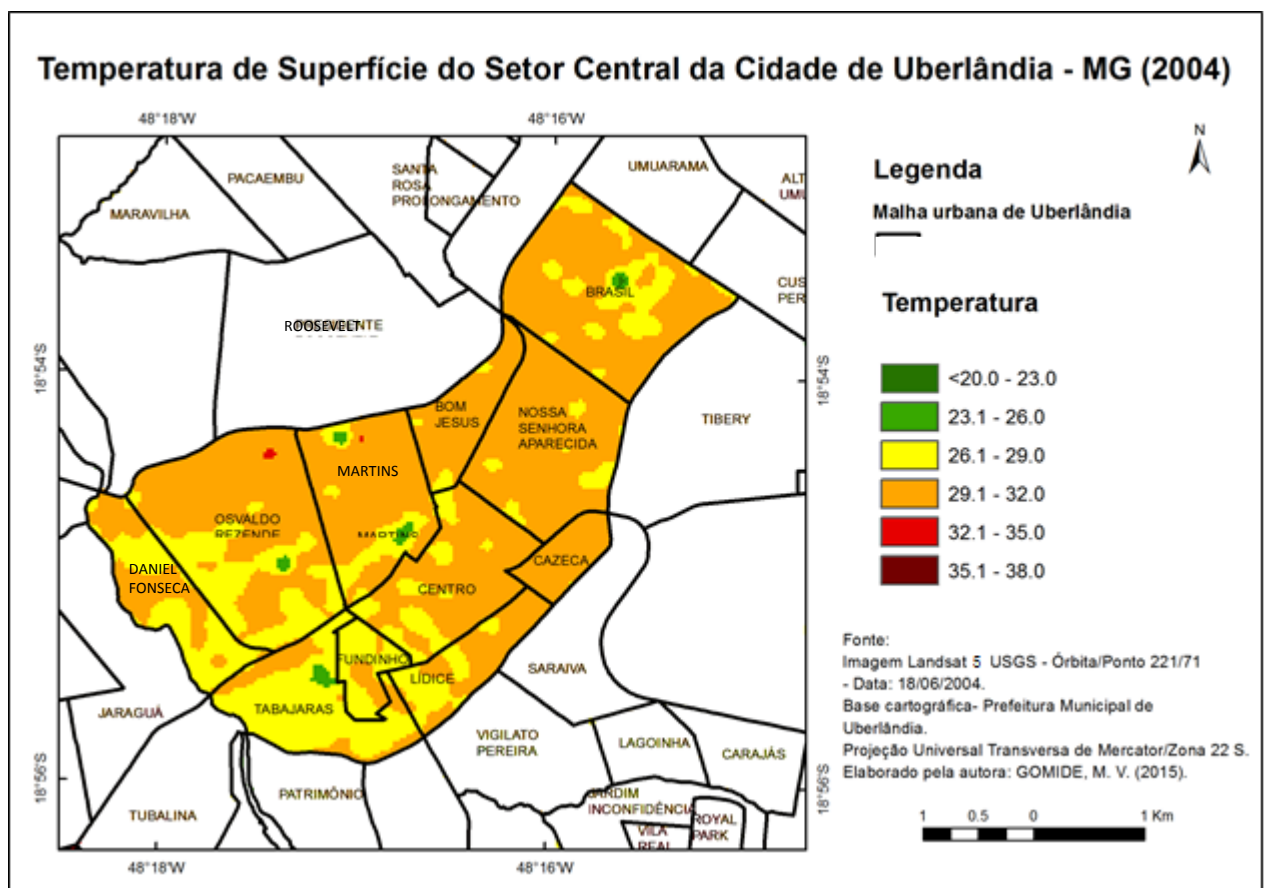
### 5.2.1 Setor central

O setor central se caracteriza pelo intenso adensamento, principalmente populacional e de construções civil. Comprovando este fato, no ano em questão, havia 99.339 habitantes e 32.233 domicílios em uma área de apenas 14 km<sup>2</sup>, o que torna propícia a concentração de temperatura no local.

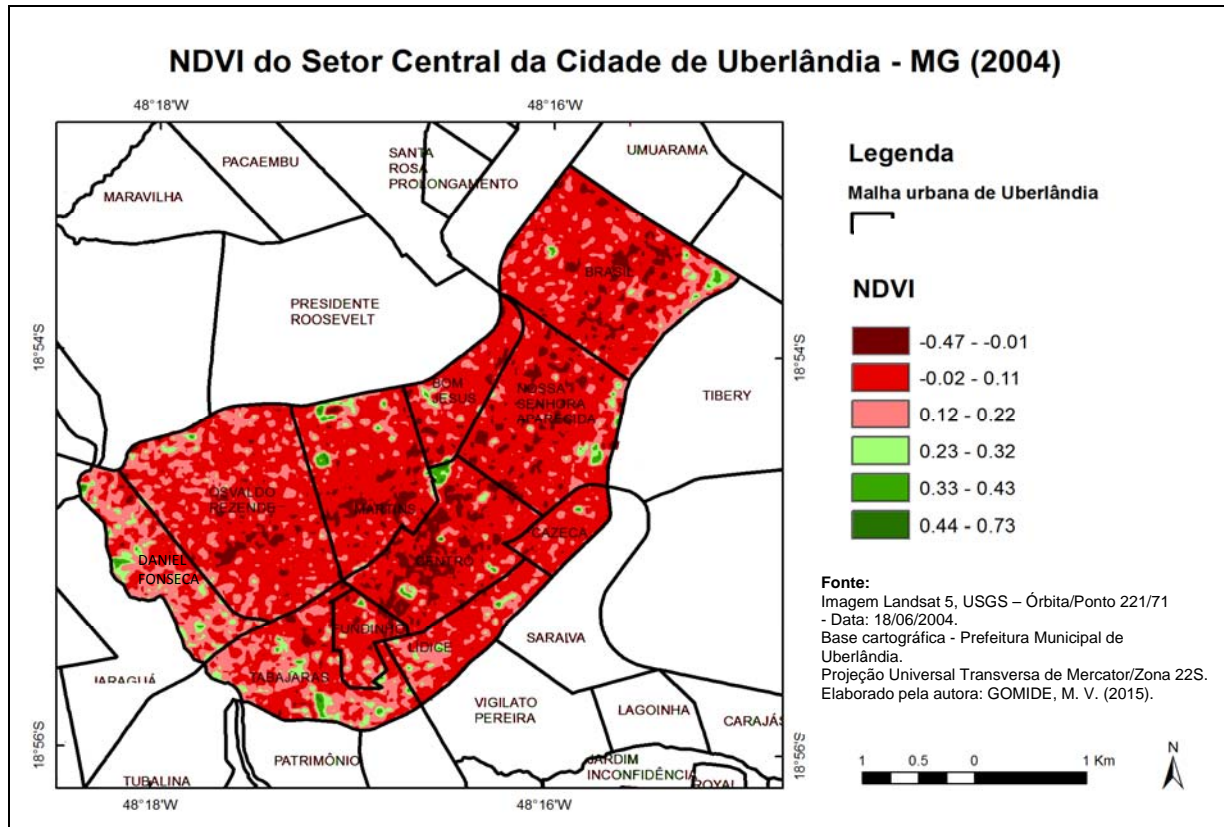
A fim de descobrir se ocorre a existência de ilhas de calor no setor central, observam-se as Figuras 31 e 32, as quais identificaram a temperatura de superfície e o índice de NDVI, respectivamente.

No setor central, verifica-se o fenômeno da ilha de calor em apenas uma área, área norte do bairro Osvaldo Rezende, com temperatura variando de 32.1 a 35.0 °C, trata-se de um galpão de esportes, cujo telhado é de alumínio, possuindo elevada reflectância.

**Figura 31** - Temperatura de superfície do setor central da cidade de Uberlândia/MG -2004



**Figura 32** - NDVI do setor central da cidade de Uberlândia – MG (2004)



Temperaturas mais amenas que as já ressaltadas, de 23.1 a 26.0 °C, ocorreram em cinco pontos isolados, nos bairros Tabajaras, Osvaldo Resende, Martins e Brasil. No bairro Martins, o ponto ao norte encontrado com esta temperatura é referentes à Praça da Bíblia (Figura 33), o segundo ponto com esta temperatura neste bairro encontra-se sobre o telhado metalizado de uma instituição de ensino. O NDVI da área em questão reconheceu a existência de vegetação na praça salientada, podendo ser visualizadas no mapa de NDVI na Figura 32, apresentada com a cor verde, e a ausência de cobertura vegetal onde está instalada a instituição de ensino mencionada.

No bairro Brasil, a porção com menores temperaturas foi encontrada nas proximidades da Escola Municipal Amanda Teixeira, tradicionalmente, conhecida como “Escola da Criança”. O que pode ser explicado pelo fato de esta se apresentar como um amplo complexo com área verde, ocupando um quarteirão (Figura 33).

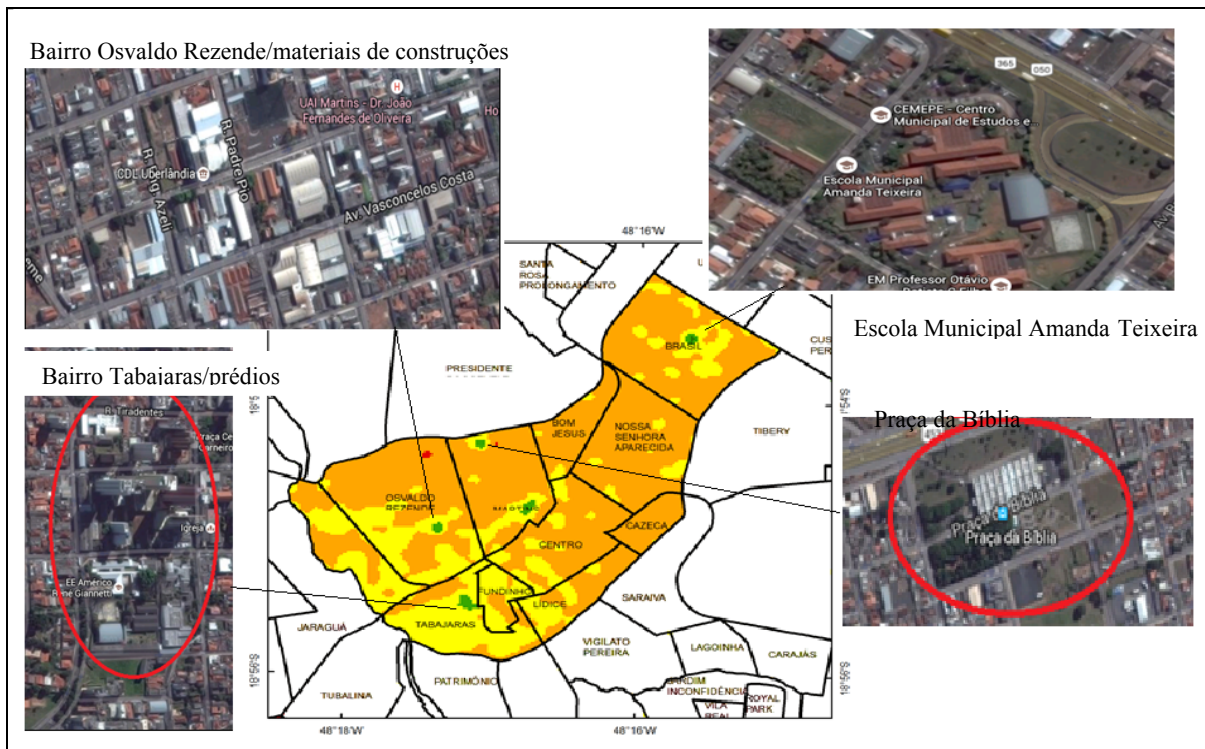
O bairro Tabajaras possuía 7.156 de habitantes e 2.180 de domicílios, sendo um bairro sobretudo residencial, em sua grande maioria de casas. Nele, foi registrada a menor temperatura, especificamente em uma área que corresponde a três quarteirões, com a

existência de um conjunto de prédios (Figura 33) e uma escola (E.E. Américo René Giannetti). Provavelmente, essa temperatura ocorreu devido à sombra que os prédios exerceram, sendo o fato capturado pela imagem de satélite.

No que se refere às menores temperaturas (23.1 a 26.0 °C) encontradas no bairro Osvaldo Resende, possivelmente, ocorreram devido ao tipo de material de construção utilizado, como visto na Figura 32. Desta forma, Saydelles (2005) relata que os telhados brancos ou com cor clara aumentam consideravelmente a reflectância, em taxas maiores que 60%, isto pode causar confusão no imageamento do satélite. De acordo com o NDVI, não foi identificada a existência de vegetação nesta localidade.

Nota-se que há certa “diferença” da banda termal na identificação de construções com telhados de alumínio. A única localidade de ocorrência de ilhas de calor com a temperatura de 32.1 a 35.0 °C no setor central, foi sob um telhado de galpão com esse material no bairro Osvaldo Resende. Ora o satélite aponta as construções com este tipo de material com baixas temperaturas, ora com alta temperatura, isto pode estar relacionado com o grau de inclinação do telhado em relação ao sensor do satélite.

**Figura 33-** Áreas selecionadas para a análise da temperatura de superfície do setor central



**Fonte:** Google Earth (2015). Org: GOMIDE (2016).

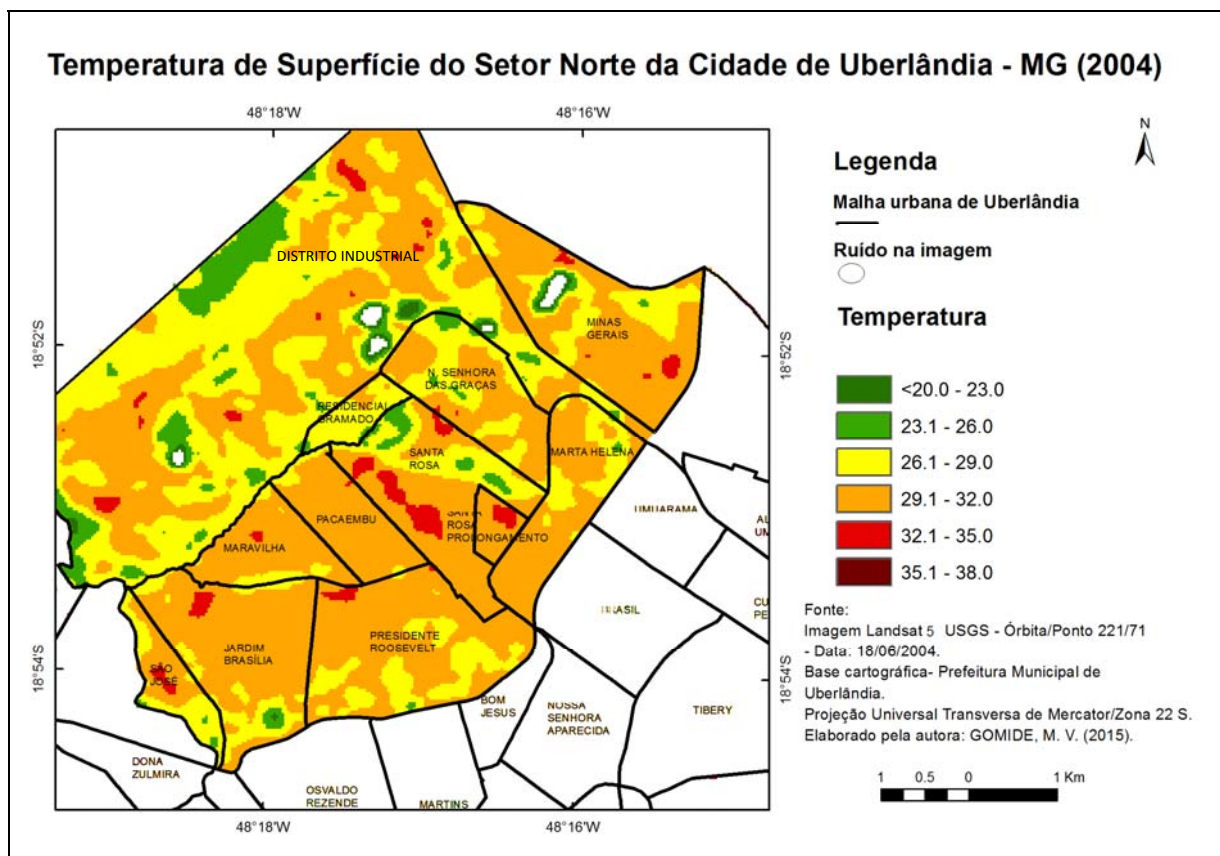
A temperatura do setor se manteve predominantemente na faixa de 29.1 a 32.0 °C e com algumas porções mais frescas em decorrência da existência de praças e áreas verdes.

### 5.2.2 Setor norte

Este setor em 2004 possuía 98.593 habitantes, em 15 km<sup>2</sup> de área, e era o segundo menos povoado dos demais setores. Neste, são encontrados diferentes tipos de uso, desde o industrial até as áreas de preservação, o que proporciona diferentes comportamentos na temperatura.

As ilhas de calor foram constatadas nos bairros Santa Rosa, São José, Minas Gerais, Presidente Roosevelt, Maravilha e Jardim Brasília, com temperaturas 32.1 a 35.0 °C, conforme demonstrado na Figura 34.

**Figura 34** - Temperatura de superfície do setor norte da cidade de Uberlândia – MG (2004)





albedo desta superfície aumenta concomitantemente a temperatura, como já mencionado anteriormente.

No bairro São José, a causa da elevação da temperatura se deu em função da fábrica da Sadia em seu território, com significativa área construída, juntamente com áreas de ausência de vegetação, como pode ser compreendida na Figura 36.

No setor norte da cidade de Uberlândia, evidenciou-se a predominância das temperaturas de 29.1 a 32.0 °C (com exceção do distrito industrial, um caso a parte que será discutido posteriormente), notadamente nos bairros, Pacaembu e Maravilha.

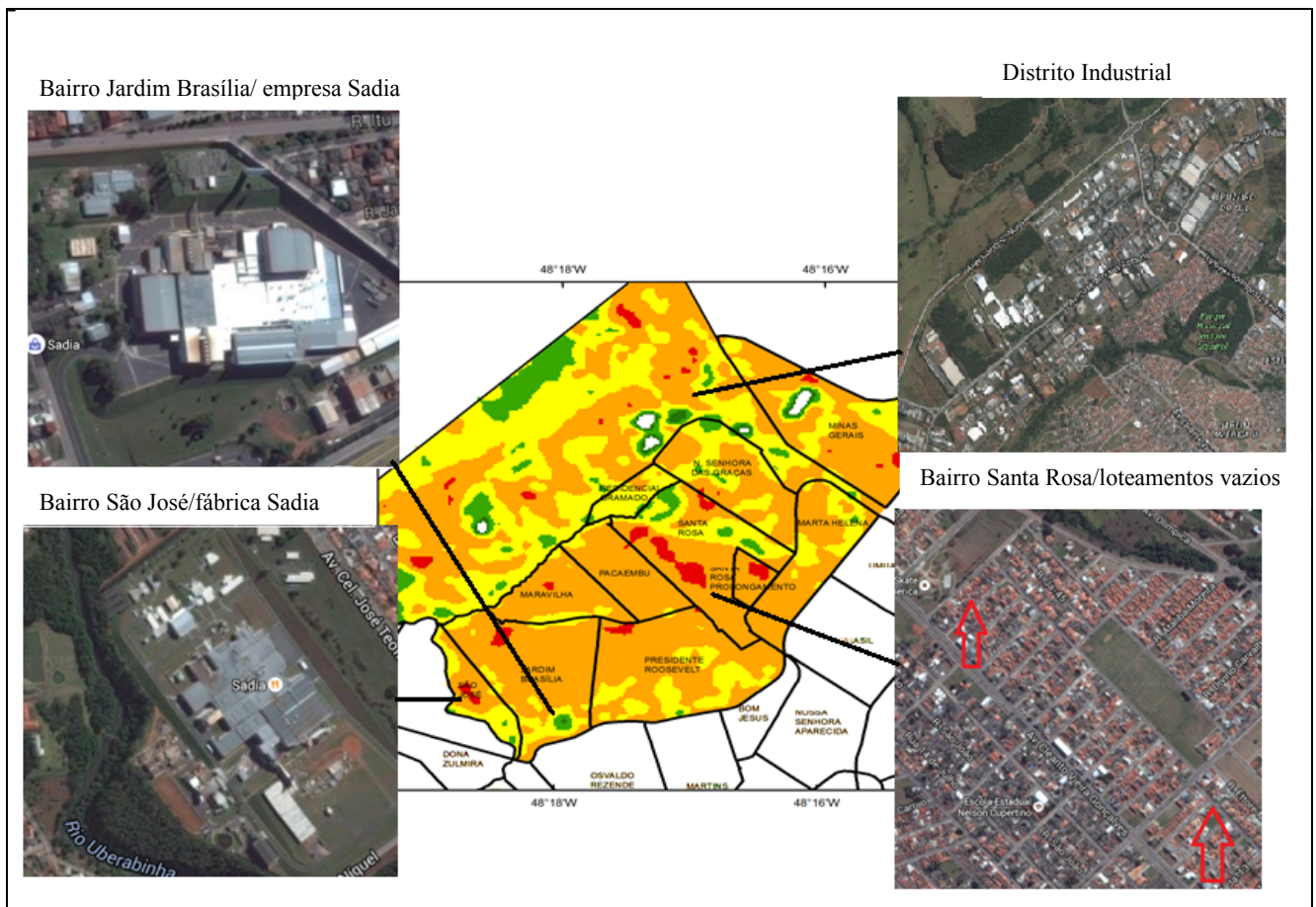
As áreas com temperaturas inferiores, de 26.0 a 20.0 °C, foram identificadas nos bairros Nossa Senhora das Graças, Santa Rosa e Jardim Brasília. Sendo que, nos dois primeiros, tais valores podem ser atribuídos à presença de matas ciliares ao longo de córregos e do Parque Municipal Victório Siqueroli, constando no mapa de NDVI como áreas de vegetação.

Já no bairro Jardim Brasília, ocorreu a mensuração da temperatura de 23.1 a 20.0 °C, devido à utilização do alumínio na construção da segunda sede da Empresa Sadia. A presença de tal material como já mencionado, acusa baixa ou alta temperatura em determinadas construções que utilizam do alumínio nos telados (Figura 36). O índice de NDVI mensurou a ausência total de vegetação na localidade da empresa e, logo ao lado, identifica-se um terreno gramado, acusou a incidência de vegetação.

O setor industrial da cidade de Uberlândia é bastante imponente, lembrando que, no ano de 2004, existiam 27.114 estabelecimentos abrangendo o setor primário, secundário e terciário. Isto explica a quantidade de empresas e a peculiaridade do espalhamento destas pela cidade.

O distrito Industrial possui, aproximadamente, 9.6 milhões m<sup>2</sup> e 266 empresas instaladas (BDI, 2009). Nesta localidade, visualizou-se a existência de temperaturas variando de 20.0 a 35.0 °C, devido ao tamanho de sua área. O bairro é pouco ocupado, de acordo com seu tamanho total, havendo a instalação de indústrias; ao norte, é destinado a plantações; reservas de preservação permanente; matas ciliares; solos exposto, entre outros, caracterizando certa proximidade com a da zona rural.

**Figura 36** - Áreas selecionadas para a análise da temperatura de superfície do setor norte



**Fonte:** Google Earth (2015). Org: GOMIDE (2016).

Na localidade sul do Distrito Industrial, nota-se a concentração de indústrias, com predomínio das temperaturas de 26.0 a 32.0 °C. São visualizadas áreas brancas no Distrito Industrial e no bairro Minas Gerais na Figura 34, áreas que se tratam de indústrias e empresas com grandes galpões utilizando telhados de alumínio ou metalizados. Não foi identificado ao certo a causa destas áreas brancas, assim como a discordância de temperatura sobre telhados com o material mencionado (apontando temperaturas elevadas e baixas, dependendo da localidade).

Lança-se a hipótese que as áreas “buracos” em branco emitido pelo sensor termal, tem relação com a baixa emissividade destes materiais. Jensen (2009, p.260) relata que “um teto metálico reflete a maior parte de uma energia incidente e absorve muito pouco, gerando uma emissividade muito menos que 1. Portanto, objetos metálicos, como carros, aeronaves e tetos metálicos geralmente aparecem muito frios (escuras) numa imagem infravermelha termal.”, os valores de emissividade para estes tipos de materiais são: alumínio folha 0.05; latão metal 0,07; alumínio pintura 0.08, metais polidos e aço inoxidável 0.16. Apesar disto, Gartland

(2010) ressalta que a temperatura destes objetos não são especificamente frescos, pois materiais com baixa emissividade térmica podem aquecer a energia que conservam (retém) de 50 a 70 °C se exposto ao sol.

Concomitante a isso, “a inclinação dos telhados e a orientação na direção do sensor ou na direção oposta ao sensor impactará a precisão dos valores de temperatura aparente obtidos” (JENSEN, 2006, p. 285). Gartland (2010) salienta que, em testes feitos pelo programa de proteção ambiental dos EUA - *Energy Star*, construções com pequenas inclinações possuem uma reflectância solar de 65% e construções com grandes inclinações 25%. A autora comenta ainda que materiais de cobertura, como metais sem revestimento ou revestimentos metálicos, revelam baixa emissividade, mas ainda assim, não são especialmente frescos.

As áreas brancas identificadas neste setor, podem estar relacionadas a baixa emissividade e inclinação dos telhados, construídos com materiais metalizados, em relação ao sensor do satélite utilizado. No mapa de NDVI (Figura 35), percebe-se que todas as áreas em branco (mensuradas no mapa de temperatura de superfície) não possuem vegetação.

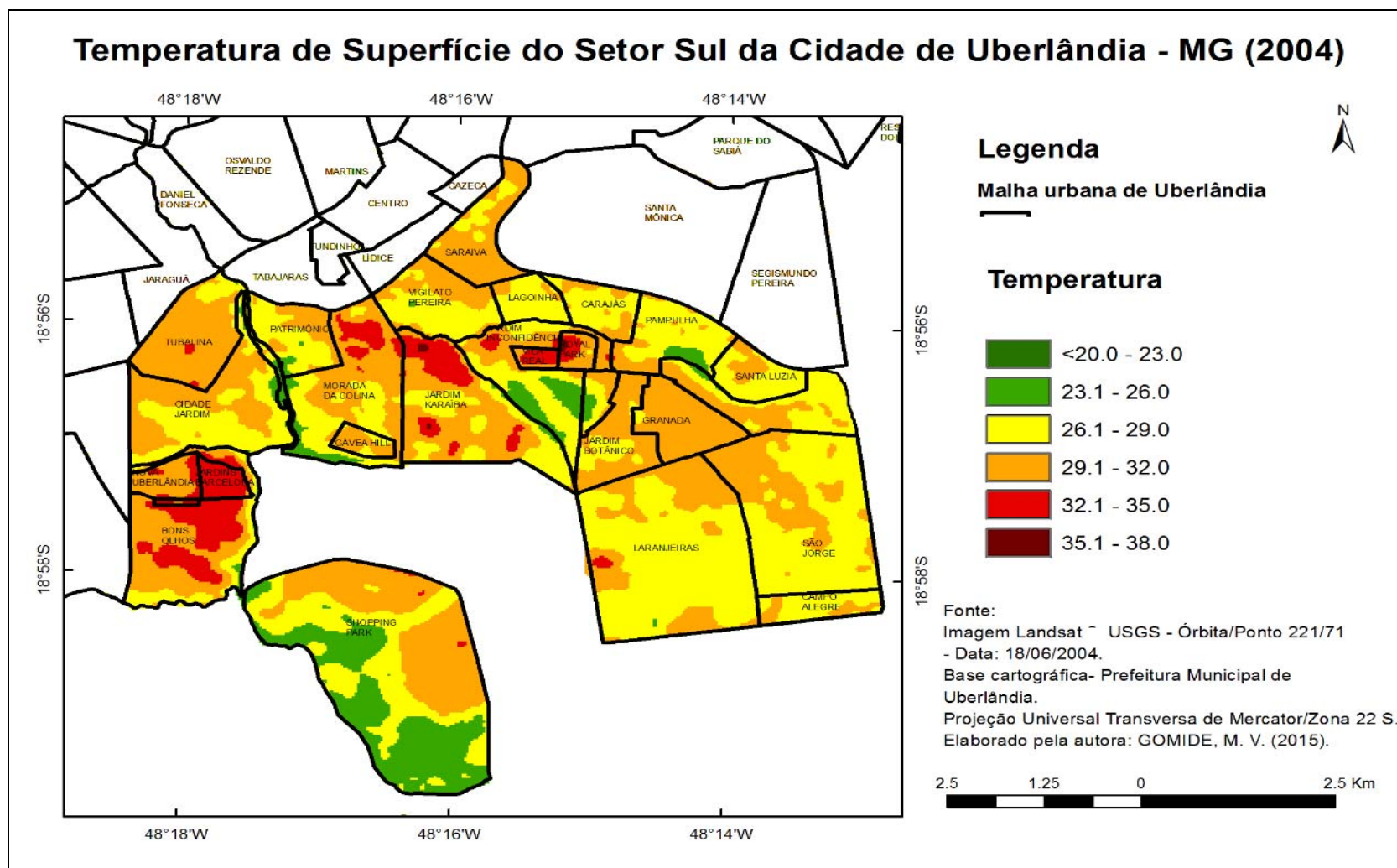
### **5.2.3 Setor sul**

Este setor, no ano de 2004, possuía um total de 102.648 habitantes, com, aproximadamente, 30 mil domicílios. Era o setor com maior extensão de terras, 24 km<sup>2</sup> no ano de 2004. Nota-se que, apesar do seu tamanho ainda apresentava uma significativa quantidade de terrenos vagos. A temperatura de superfície e o NDVI da área sul da cidade de Uberlândia, representados nas Figuras 37 e 38, respectivamente, foram relacionados com os dados de população e ocupação para identificar as ilhas de calor nesse setor.

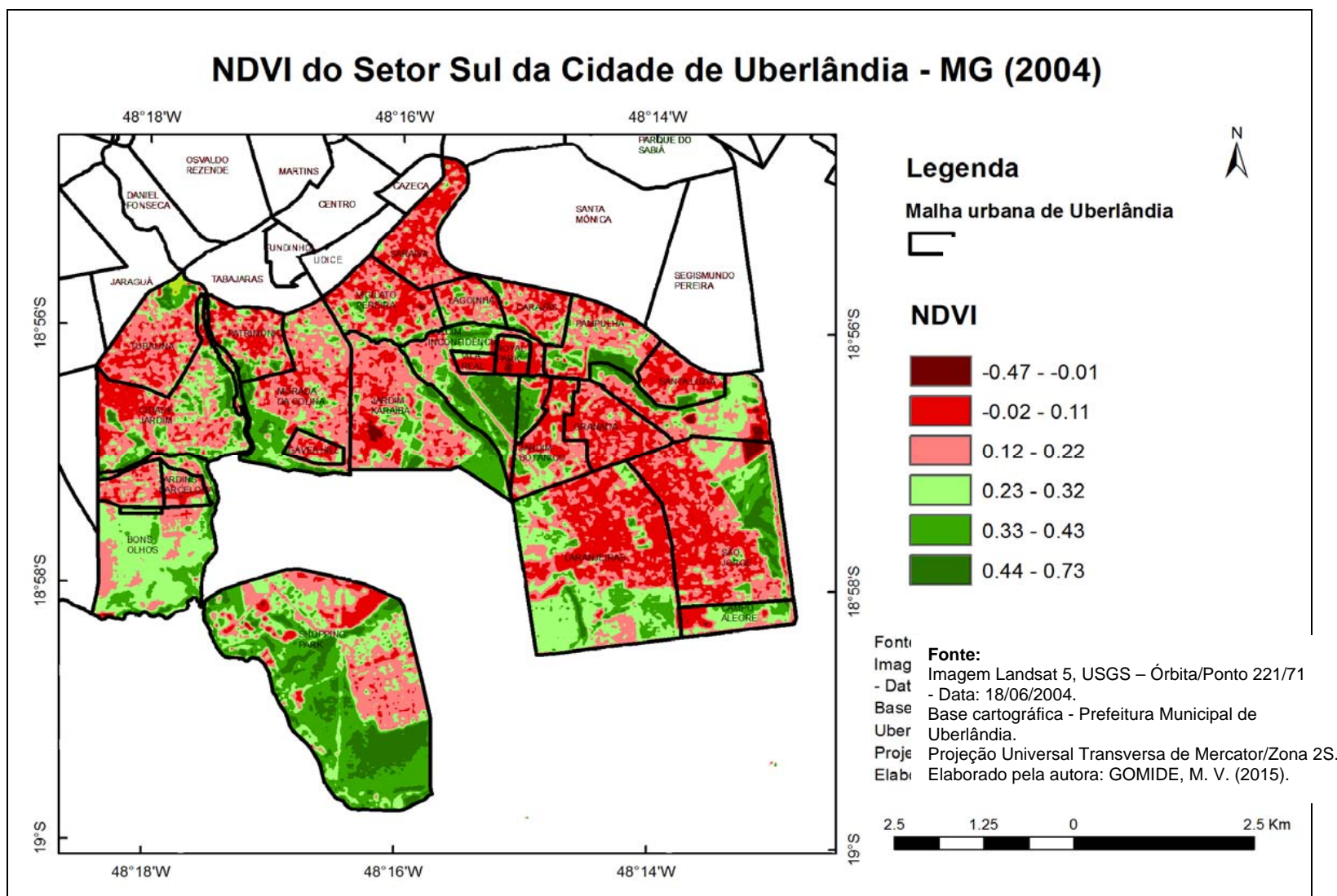
Identificaram-se ilhas de calor no bairro Bons Olhos (incluindo o loteamento do Jardins Barcelona, também conhecido como Nova Uberlândia), Morada da Colina, Jardim Inconfidência (juntamente com os loteamentos Royal Park e Vila Real), sendo que todos eles apresentam temperaturas entre 32.1 a 38.0 °C, como pode ser comprovado mediante a da Figura 37.

O bairro Bons Olhos que, atualmente, se chama Nova Uberlândia, não possuía dados populacionais e de quantidade de área em 2004, por se tratar de um bairro com loteamentos novos, compreendendo os Jardins Roma e o Barcelona, que são condomínios horizontais fechados.

**Figura 37 -** Temperatura de superfície do setor sul da cidade de Uberlândia – MG (2004)



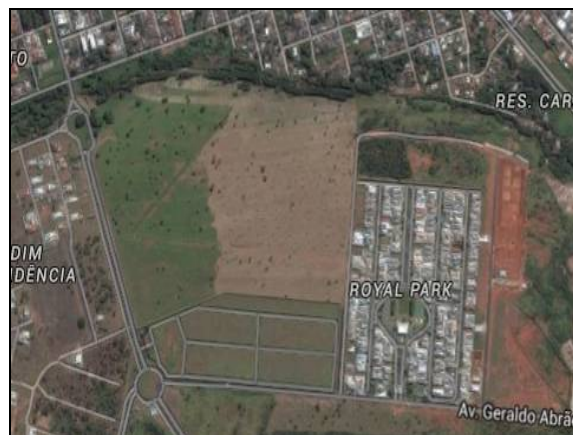
**Figura 38** - NDVI do setor sul da cidade de Uberlândia - -MG (2004)



Chama-se atenção para a extensão do bairro Bons Olhos, mostrando toda a significativa área sem ocupação (Figura 39). Em 2004, esses condomínios estavam em fase de loteamento, sendo o Jardim Barcelona aprovado em 2002; Jardim Roma em 2004 e, apenas em 2010, o Jardim Gênova. Dessa forma, os terrenos, provavelmente, estavam com pouca vegetação no solo e/ou solo exposto, isto justificaria a elevada temperatura no bairro Bons Olhos (especificamente, no loteamento Jardins Barcelona) no ano de estudo.

Nos demais bairros verificados com ilhas de calor, são resultados, novamente, de lotes vazios, podendo estar destinados a pastagem pela sua proximidade com a zona rural ou área sem uso (Figura 40). Identificando com o auxílio do índice de NDVI, nota-se que existia nenhuma e/ou parcial ocorrência de vegetação neste local. Exceto no bairro Jardim Karaíba, no qual o foco da ilha de calor ao sul do seu território foi devido ao tipo de material de construção do telhado de uma instituição de ensino, confirmando no NDVI a ausência de vegetação neste ponto.

**Figura 39** - Bairro Bons Olhos (Nova Uberlândia) **Figura 40** - Loteamentos vazios/Royal Park



**Fonte:** Google Earth (2015)

Nesse setor Sul a temperatura variou entre 26.1 a 32.0 °C, diferente dos outros dois setores abordados (central e norte), em que a temperatura predominante foi de 29.1 a 32.0 °C. Os bairros: Granada, Tubalina e Bons Olhos se caracterizam em, praticamente, todo o seu território, por apresentar temperaturas entre 29.1 a 32.0 °C. Estes bairros continham 8.486 e 9.655 de habitantes, respectivamente em 2004 (não há dados populacionais referentes ao bairro Bons Olhos). Já os bairros: Laranjeiras, São Jorge, Campo Alegre, Lagoinha, Carajás,

Pampulha, Santa Luzia e Patrimônio, tiveram a maior parte de seus territórios identificados com temperaturas de 26.1 a 29.0 °C.

Foram observadas zonas de frescor com temperaturas de 20.0 a 26.0 °C, principalmente ao longo do curso do Rio Uberabinha, percorrendo a porção sul do bairro Patrimônio, passando pelos bairros Morada da Colina, Bons Olhos até o bairro Shopping Park. Este último abrange áreas do setor com temperaturas menos elevadas devido à existência de vegetação, matas ciliares e de áreas de preservação permanente.

Mesmo não constando dados populacionais na Prefeitura de Uberlândia sobre o bairro Shopping Park, no ano 2004, percebe-se que há poucos loteamentos até então nesta localidade. O bairro começou a crescer com a aprovação de onze loteamentos de 2009 a 2012, contribuindo, assim, com menos adensamento populacional e de construções civil, concomitantemente com a permanência da vegetação nativa, como é mostrado no mapa de NDVI na porção oeste e sul do bairro.

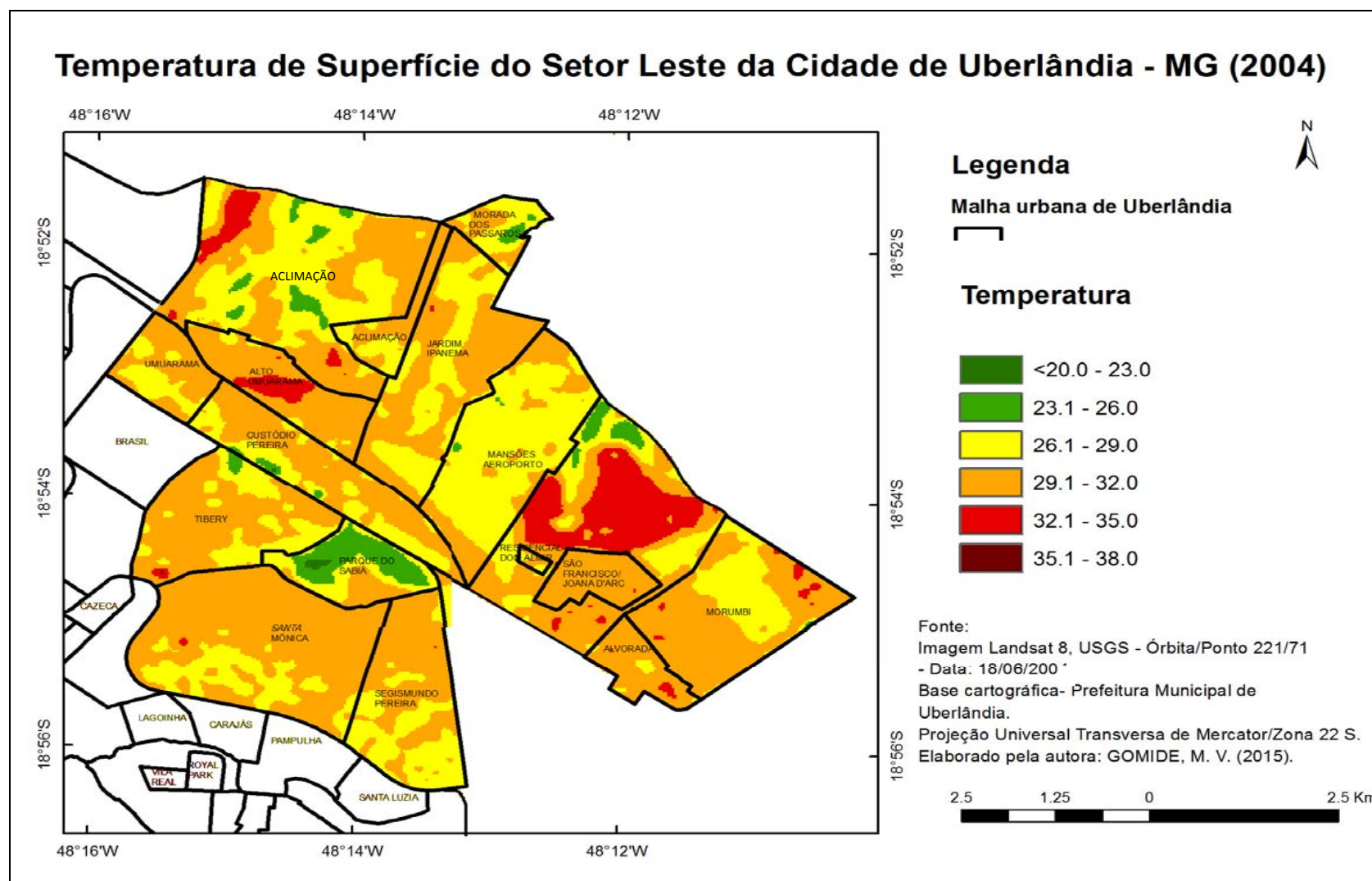
Também são identificados zonas de frescor nos bairros Jardim Inconfidência e Pampulha, provenientes de áreas de preservação permanente e matas ciliares de mananciais que se verificam nestas zonas, com temperatura de 20.0 a 26.0 °C.

No geral, o setor sul é heterogêneo no que tange à temperatura, possuindo quantidade significativa de loteamentos vazios em 2004, isso também devido à sua extensão territorial (24 km<sup>2</sup>), o maior setor da cidade. Nesta região, as ilhas de calor são decorrentes dos solos expostos (com vegetação parcial ou nenhuma) em lotes vagos e em razão do tipo de material utilizado na construção de alguns telhados. Zonas de frescor são identificadas, principalmente, às margens de rios e córregos.

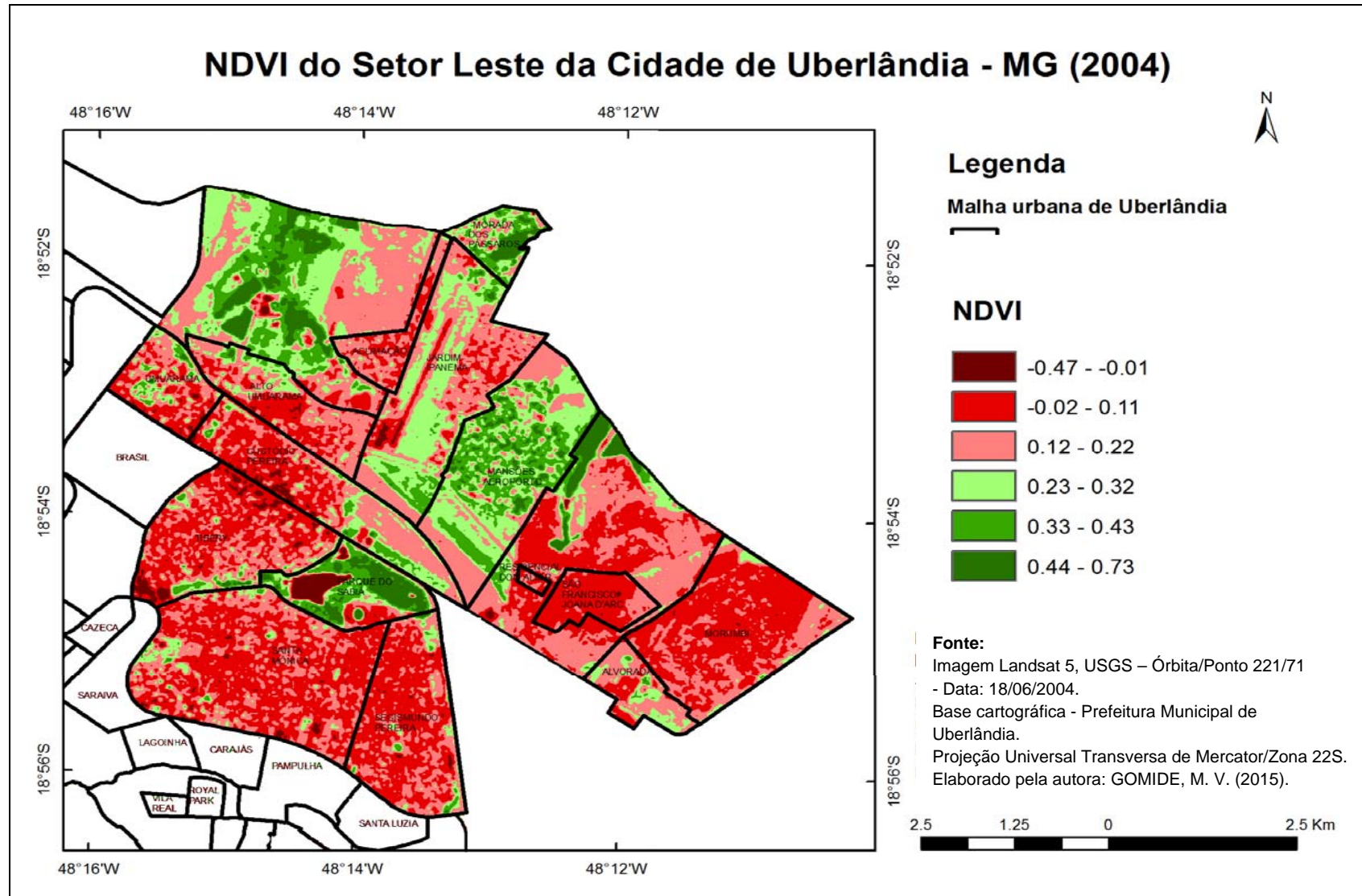
#### **5.2.4 Setor leste**

Com base nas Figuras 41 e 42, foi possível identificar a temperatura de superfície e o índice de NDVI para a área Leste da cidade de Uberlândia. Por meio das mesmas, foram observadas três principais ilhas de calor espalhadas nos bairros: Residencial Integração, Alto Umuarama e Aclimação.

**Figura 41** - Temperatura de superfície do setor Leste da cidade de Uberlândia – MG (2004)



**Figura 42** - NDVI do setor Leste da cidade de Uberlândia - -MG (2004)



No bairro Alto Umuarama, foram identificadas ilhas de calor com temperatura de 32.1 a 35.0 °C em sua porção central, e no bairro Aclimação, na porção Norte, ambas devido ao solo exposto, com incidência em áreas agricultáveis, com cobertura vegetal parcial e/ou ausente. O bairro Aclimação possui loteamentos vazios e áreas que ainda são reservadas a agricultura, sendo notáveis, principalmente, na periferia, misturando-se com o perímetro rural, por meio de plantações, pastagens e/ou terrenos vazios.

No Residencial Integração, nota-se uma significativa área de ilhas de calor com, a maior encontrada até agora, as causas são decorrentes do solo exposto, o terreno se trata de área destinada a plantações, o solo consta com pouca ou ausência de vegetação no local.

O NDVI acusa índices de -0.02 a 0.22 na área em que há ilha de calor mencionada anteriormente no setor leste (Figura 43), ou seja, ausência e/ou mínima ocorrência de vegetação. O bairro Residencial Integração é composto por loteamentos precários, e muitos eram irregulares, como: o São Francisco, Joana D'arc e Dom Almir, sendo que este último contava, na época com 4.377 habitantes, 1.570 domicílios e 0.10 km<sup>2</sup>. Relativo aos outros loteamentos, não constam dados.

**Figura 43** - Bairro Residencial Integração, áreas agricultáveis



**Fonte:** Google Earth (2015)

Os bairros Tibery, Alvorada e Santa Mônica têm, praticamente, todo o seu território com temperaturas de 29.0 a 32.1 °C, sendo bairros com significativo adensamento

populacional, Tibery com 21.161 de habitantes 3.37km<sup>2</sup>; Alvorada 4.127 habitantes e 0.21km<sup>2</sup> e Santa Mônica com 31.646 e 5.73km<sup>2</sup>, colaborando com temperaturas elevadas homogeneamente.

Os bairros Mansões Aeroporto e Morada dos Pássaros são os mais frescos do setor leste, com temperaturas variando de 26.1 a 29.0 °C. Ambos possuem construções espaçadas e significativa área verde, são formados por pequenas chácaras, contribuindo, positivamente, para a diminuição da temperatura no local e zonas frescas com circulação de ar e evapotranspiração (Figura 44).

Isso confirma que a vegetação é a melhor alternativa para temperaturas amenas e a substituição das ilhas de calor pelas de frescor. Outra zona de frescor relevante para a cidade é o Parque do Sabiá, situado na parte central deste setor, com temperatura predominante de 23.0 a 26.0 °C. Em geral, a temperatura predominante no setor leste variou entre 26.1 a 32.0 °C, com bairros heterogêneos.

**Figura 44** - Bairro Mansões Aeroporto



Fonte: Google Earth (2015)

### 5.2.5 Setor oeste

Este setor é o maior em população e em área, com 129.092 habitantes, distribuídos em 37 km<sup>2</sup> com, aproximadamente, 36 mil domicílios, ocorrendo bairros com significativos adensamentos populacionais e outros com vazios urbanos.

Para mensurar a temperatura de superfície e ilhas de calor do setor oeste, elaborou-se o mapa da Figura 45, e para compreender o uso do solo com o índice de NDVI, confeccionou-se o mapa da Figura 46.

As ilhas de calor foram identificadas em vários bairros no setor oeste (temperaturas de 32.1 a 35.0 °C), compreendendo: Jardim Holanda, Planalto, Jardim Europa, Chácaras Tubalina, Dona Zulmira, Jardim Patrícia e Taiaman.

A existência desse fenômeno no bairro Jardim Holanda é decorrente da construção de um condomínio de prédios, com telhados metalizados ou pintados de brancos. No bairro Jardim Europa, na localização de ocorrência das ilhas de calor, identificam-se construções de casas, visualizadas no Google Earth, como no resto do seu perímetro. Em 2004, este local constava como terrenos vagos, de acordo com a Prefeitura de Uberlândia, dos sete loteamentos que existem neste bairro, foram aprovados apenas quatro, todos após o ano de 2007, indicando que mais da metade dos loteamentos deste bairro foram construídos após o ano mencionado, fato este que explica os terrenos vagos derivando na formação das ilhas de calor. Não constam informações populacionais e de área na Prefeitura Municipal da cidade sobre o bairro Jardim Europa.

No bairro Chácaras Tubalina, evidenciam-se ilhas de calor no campo aberto destinado à área do 36<sup>a</sup> Batalhão de Infantaria da cidade, e no bairro Taiaman, devido também ao solo exposto, com ausência de vegetação.

**Figura 45** - Temperatura de superfície do setor Oeste da cidade de Uberlândia – MG (2004)

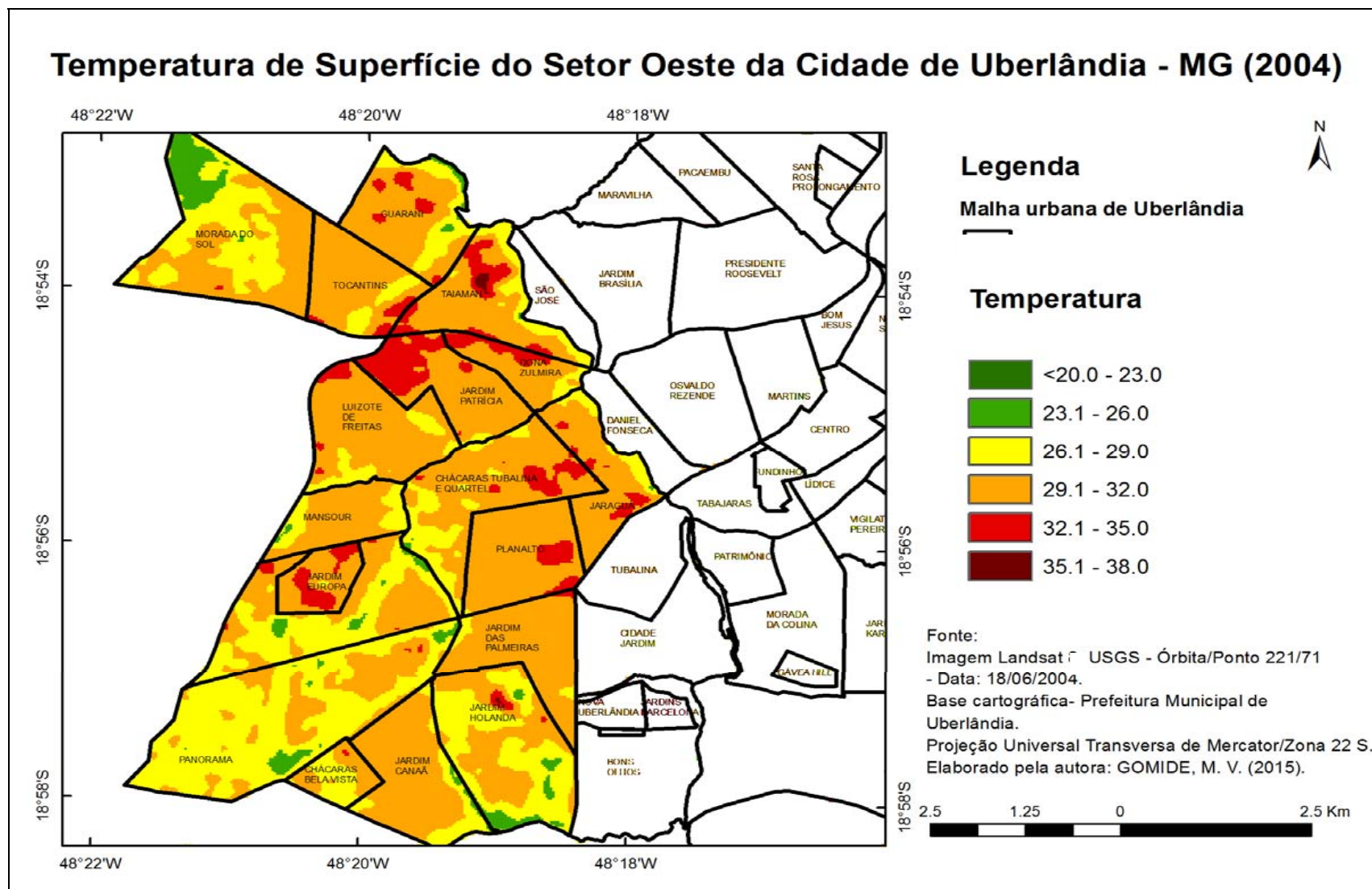
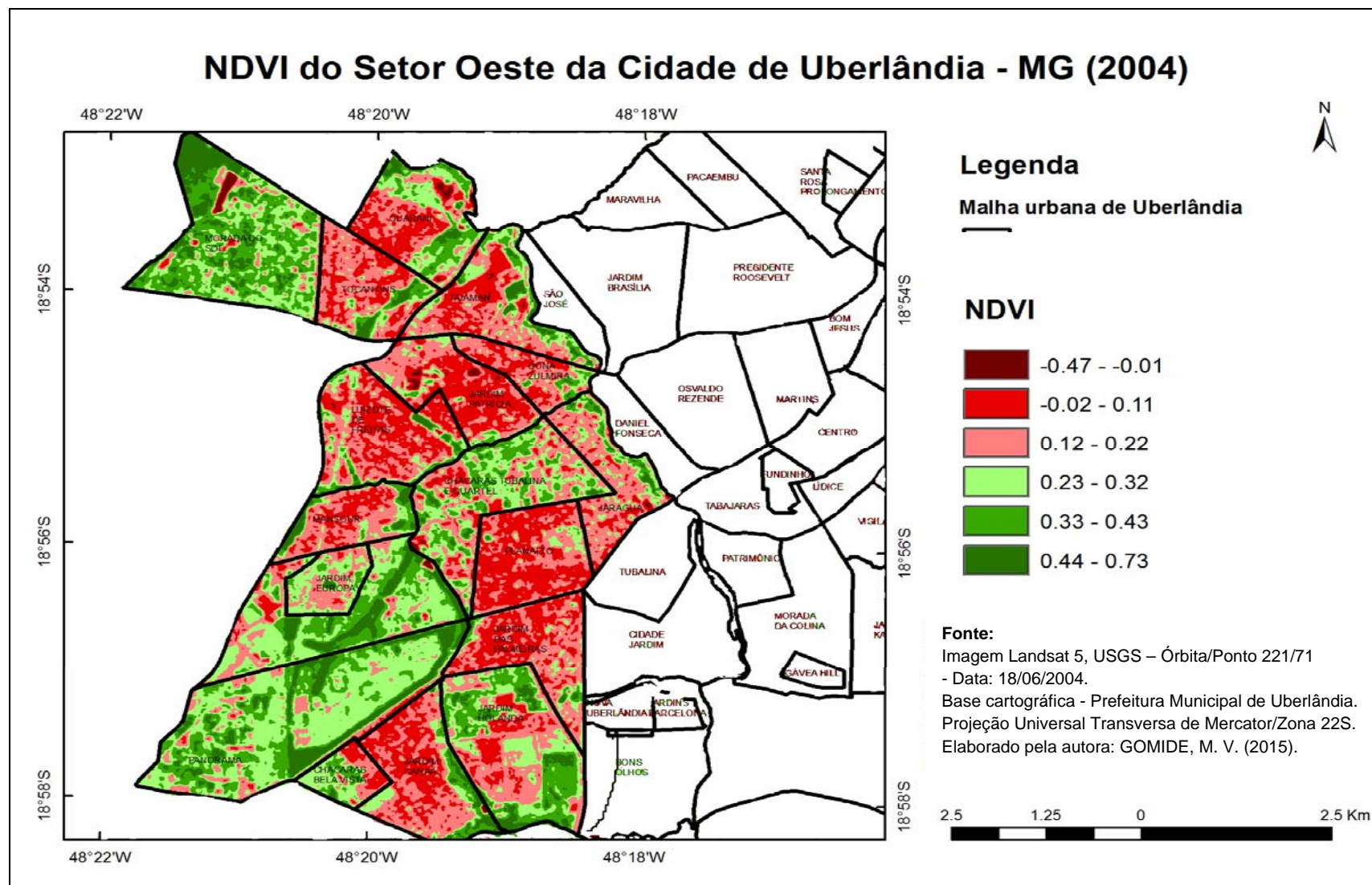


Figura 46 - NDVI do setor Oeste da cidade de Uberlândia -MG (2004)



Nos bairros Dona Zulmira e Jardim Patrícia, é certificada a ocorrência das ilhas de calor ao longo da rodovia MG-365, que é o divisor entre os bairros, e, também, na zona de habitação do último bairro (Jardim Patrícia) (Figura 47). Neste constavam 6.231 habitantes, 1.747 domicílios e 1.95 km<sup>2</sup>, a ilha de calor encontra-se, principalmente, onde há lotes vagos com vegetação ausente ou parcial, próximo ao supermercado Bretas, que ocupa significativa área com galpão construído, de acordo com os apontamentos do índice de NDVI do local.

Ocorre um predomínio da temperatura de 29.1 a 32.0 °C no território total dos bairros: Jardim das Palmeiras; Planalto; Jaraguá; Luizote de Freitas; Jardim Patrícia; Taiaman; Tocantins e Jardim Canaã. Muitos destes são bairros com concentração populacional, como é o caso do Planalto, com mais de 17 mil habitantes, Luizote de Freitas com 21 mil e Tocantins 13 mil, muitas vezes, com construções aglomeradas e loteamentos vagos, aumentando a temperatura do local para o período analisado.

**Figura 47** - Br 365/ Bairros Dona Zulmira e Jardim Patrícia

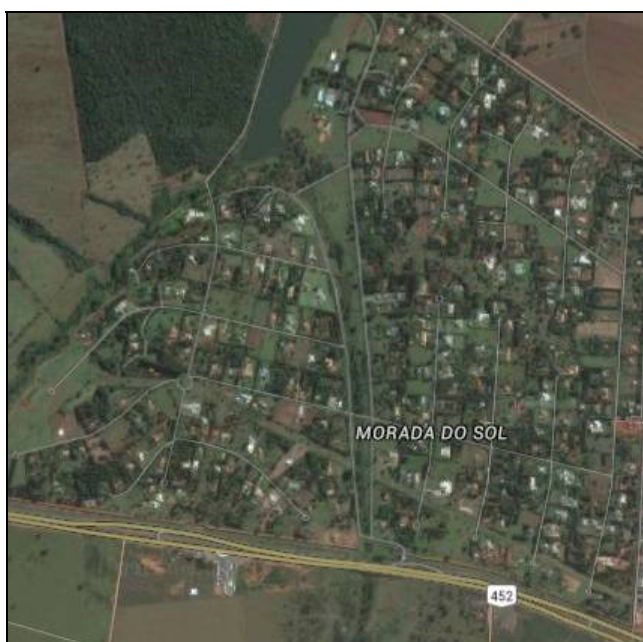


Fonte: GoogleEarth(2015)

Temperaturas de 23.1 a 26.0 °C são detectadas nos bairros: Jardim Europa; Jardim Holanda; Panorama e Morada do Sol (Figura 48). Todos com baixa concentração populacional e vasta área, o Jardim Holanda possuía 1.537 habitantes e 3.31 km<sup>2</sup>, Panorama 388 habitantes e 5.39 km<sup>2</sup>, Morada do Sol, 450 habitantes e 3.85 km<sup>2</sup>. Estes bairros possuem construções com espaçamentos e significativa área verde plantada (como visualizado no

índice de NDVI). Principalmente o bairro Morada do Sol e Panorama, que se caracterizam pela cultura de edificações em formato de “chácaras” em meio ao perímetro urbano, colaborando positivamente com temperaturas menos elevadas e ilhas de frescor. A vegetação, como já é possível concluir, tem papel fundamental na amenização da temperatura em áreas urbanas.

**Figura 48** - Bairro Morada do Sol



Fonte: Google Earth (2015)

### 5.3 Usos da Terra e Ilhas de Calor no Ano de 2014

A Área urbana, em Uberlândia, é bastante densa, em termos de população e construções habitacionais. No ano de 2014, a cidade abrangia um total de 638.063 pessoas morando na zona urbano e, em 2010, contava com 162.140 domicílios. De 2004 a 2014, aumentaram, aproximadamente, 150 mil habitantes na cidade, explicando o adensamento populacional.

No que diz respeito à temperatura de superfície da cidade de Uberlândia, no ano de 2014, utilizou-se a banda 10 do satélite Landsat 8 na data de 30/06/2014 para a sua identificação, o processamento de dados foi feito nos software Idrisi 17.0 e Arcgis 9.4, e

utilizaram-se, para tanto, fórmulas para o cálculo de radiância, temperatura em graus Celsius e correção atmosféricas (mais bem explicadas no capítulo 2). Os resultados mostram (Figura 49) temperaturas de superfície que variam de 20.0 a 39.0°C. Se comparado ao ano de 2004, foi registrado um aumento na média de 1.0°C para o ano de 2014.

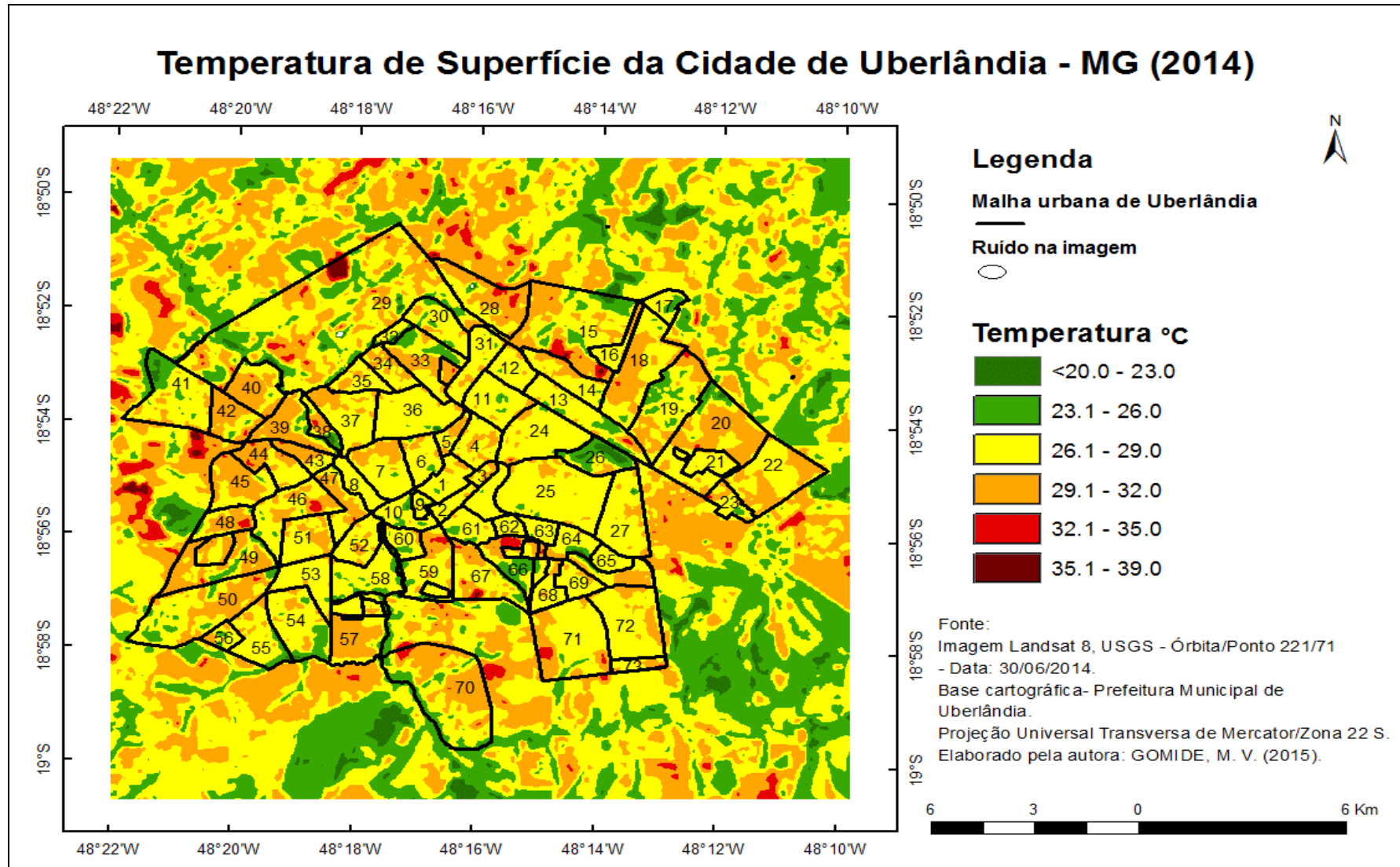
Para o ano de 2014, estipularam-se como ilhas de calor, as temperaturas entre 32.1 a 39.0 °C (Figura 49). O predomínio das ilhas de calor é notório na faixa oeste da zona urbano e rural, também se manifestando no setor sul da área urbana. Em sua grande maioria, estas são provocadas devido ao solo exposto ou com vegetação parcial, tanto na área urbana quanto rural.

De modo geral, nota-se que a temperatura de 26.1 a 29.0 °C foi predominante na região. Áreas com maior frescor foram identificadas com temperaturas de 20.0 °C a 26.0 °C, com alguns pontos se sobressaindo na malha urbana, notadamente próximos à zona centro sul, e outros pontos com maior aglomerado fora da malha urbana.

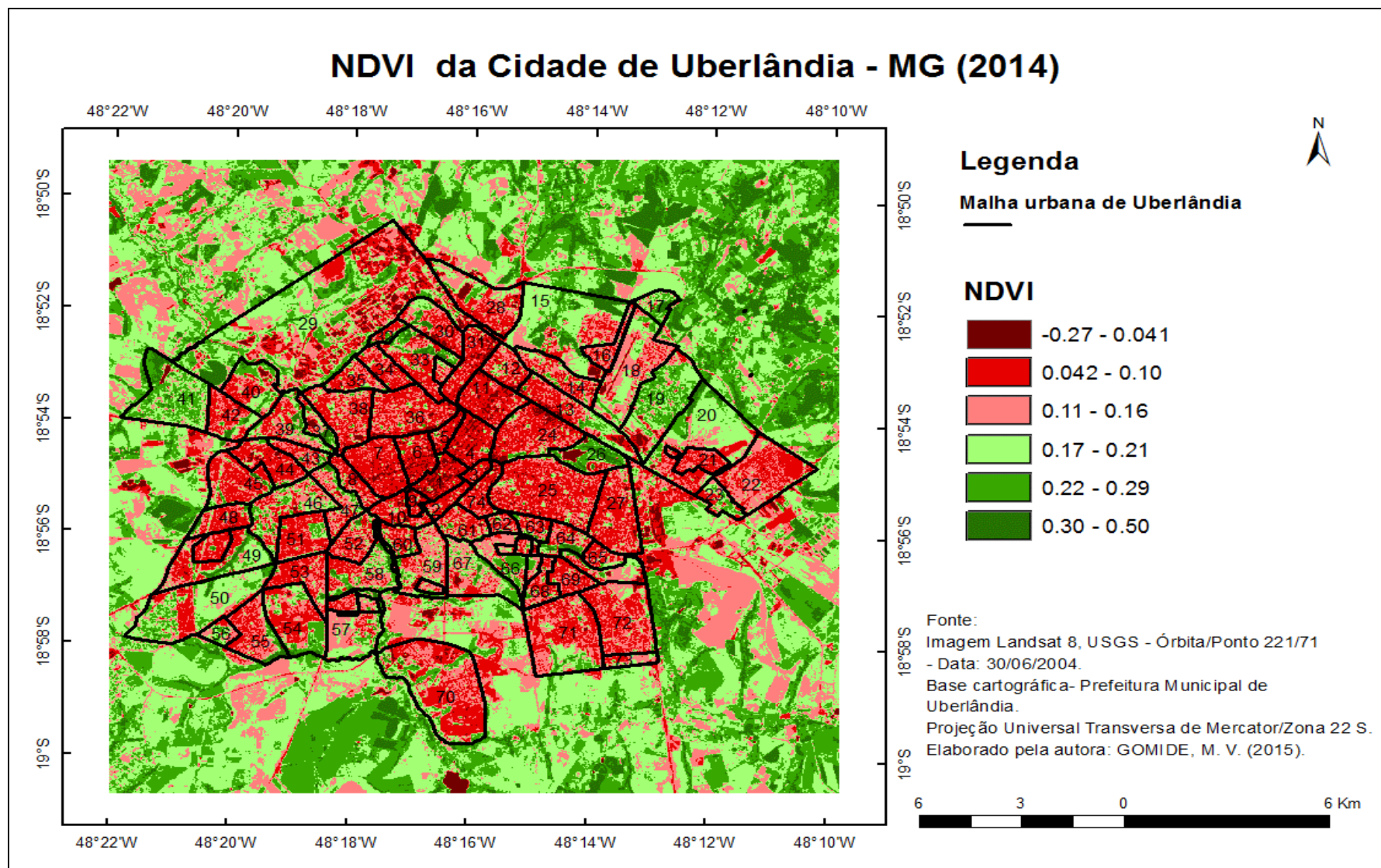
De acordo com o índice NDVI (Figura 50), calculado para auxiliar na compreensão do uso do solo, relacionando-o com a temperatura, denota-se a ausência de vegetação principalmente no setor central. Em um panorama geral, a malha urbana é caracterizada com ausência ou rara vegetação, podendo ser visualizado índice vegetativo variando de -0.27 a 0.10.

Todos os bairros da cidade encontram-se assinalados numericamente nas Figuras 49 e 50, os nomes dos mesmos respectivamente com sua numeração estão correspondendo a Figura 17 do capítulo quatro.

**Figura 49** - Temperatura de superfície da cidade de Uberlândia – MG (2014)



**Figura 50** - NDVI da Cidade de Uberlândia – MG (2014)



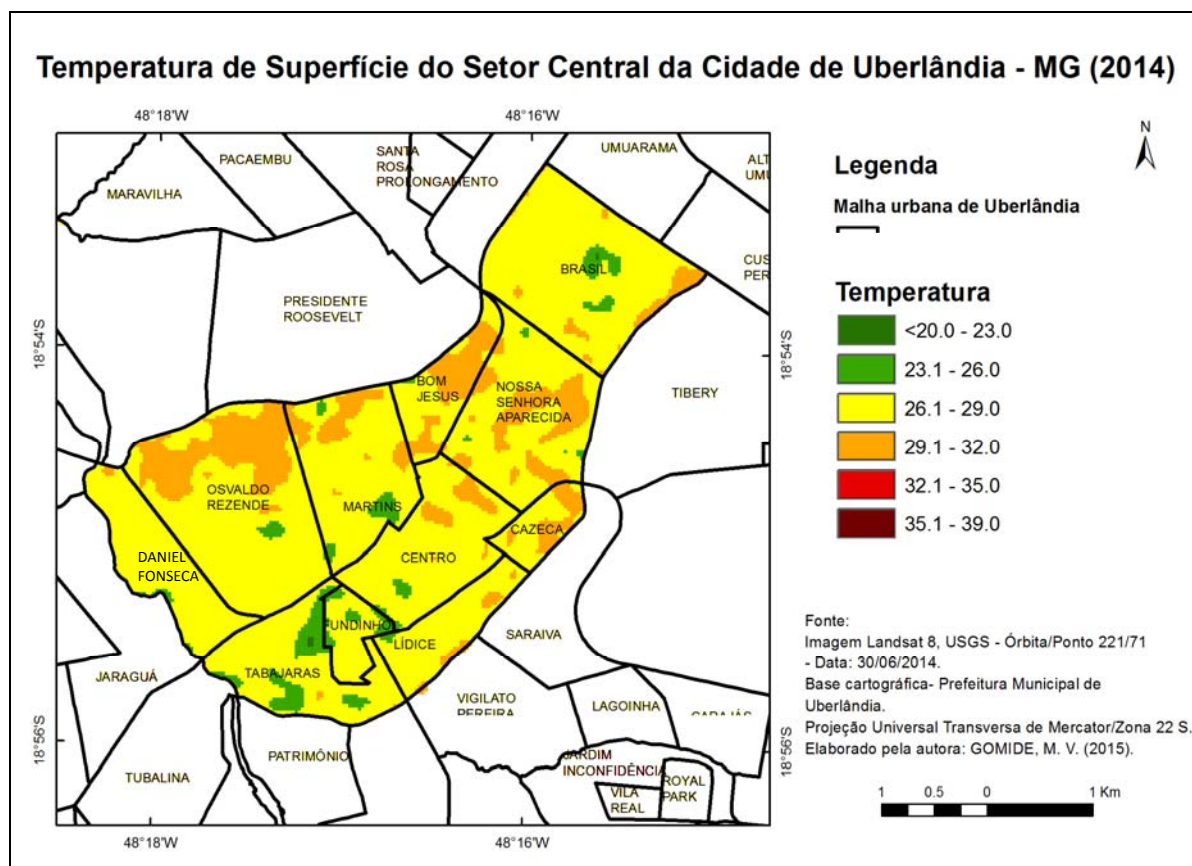
## 5.4 Detalhamento das Ilhas de Calor por Setores

### 5.4.1 Setor central

Este setor apresenta a maior densidade demográfica da cidade, em 2010, contava com 84.903 habitantes em 13.6 km<sup>2</sup>, sendo ocupado principalmente pela classe média, existindo significativo número de prédios com mais de dez andares e comércio.

Apesar da significativa quantidade de habitantes e sua área (km<sup>2</sup>) ser relativamente menor que a dos demais setores da cidade, neste, não foram encontrados ilhas de calor, como identificado na Figuras 51.

**Figura 51** - Temperatura de superfície do setor central da cidade de Uberlândia – MG (2014)

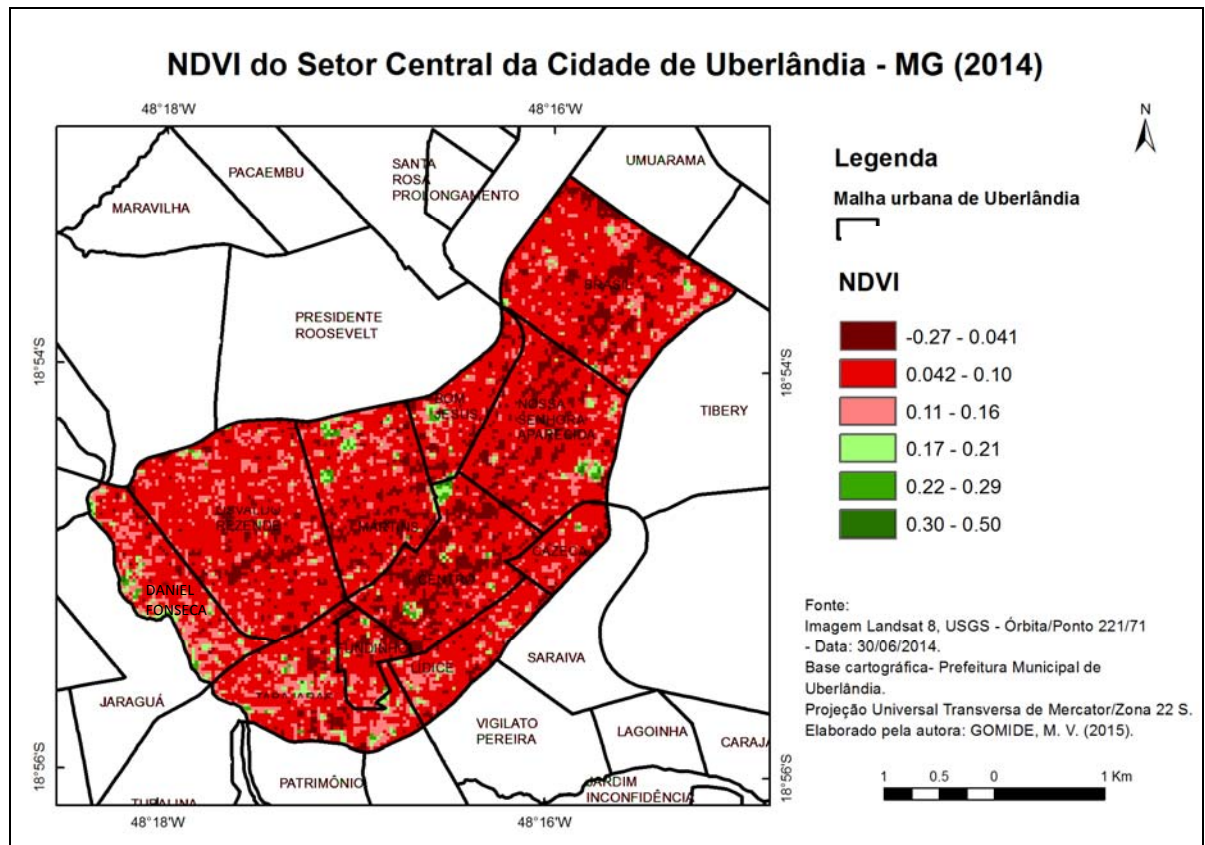


As maiores temperaturas (29.1 a 32.0 °C) foram observadas nos bairros Osvaldo Rezende, Bom Jesus, Nossa Senhora Aparecida e Cazeca. Estes bairros agregam funções

diversificadas, como residenciais, com o predomínio de prédios; comércios, dentre outros. As partes que manifestam as temperaturas mencionadas (29.1 a 32.0 °C) são referentes às zonas residenciais, como ao norte do bairro Osvaldo Rezende, Martins, Bom Jesus e Cazeca, sendo que estes possuem, respectivamente, cerca de 7.117; 3.425; 1.770 e 1.039 domicílios.

De acordo com o índice de NDVI desse setor (Figura 52) é notório que tais bairros citados acima configuram ausência ou “rara” vegetação, com índices variando de -0.27 a 0.16. As porções de áreas com vegetação encontradas no bairro Martins, são provenientes das Praças da Bíblia e Nicolau Feres, no bairro Centro há a Praça Sergio Pacheco chegando a índices de 0.17 a 0.29.

**Figura 52** - NDVI do setor central da cidade de Uberlândia – MG (2014)



A Figura 53 mostra os bairros Osvaldo Rezende e Martins para a observação da parte norte residencial (separada por um traço preto) e a comparação feita com a temperatura de 29.1 a 32.0 °C e o índice de NDVI. Ressalta-se que estes bairros contem significativa concentração populacional, o Osvaldo Rezende com 22.686 habitantes em 2.51 km<sup>2</sup>, e



Já no bairro Tabajaras (6.811 habitantes) e no limite do bairro Fundinho (2.732 habitantes), as temperaturas 26.1 a 29.0 °C aparecem pela existência da Escola Estadual Américo René Giannetti, a dois quarteirões com construções prediais (os quais possuem uma zona de sombra significativa, como também identificado no ano de 2004), e as praças Coronel Carneiro e Clarimundo Carneiro, situadas no bairro Fundinho.

O mapa de NDVI acusa a existência de vegetação em quase todas as áreas, com temperaturas de 23.1 a 26.0 °C, com exceção dos bairros: Osvaldo Resende e Martins, na porção sul, e na divisa com os bairros Fundinho e Tabajaras. Constatando que, nestas áreas, as temperaturas amenas não são provenientes da vegetação, como já foi discutido nos parágrafos acima, mas sim do tipo de material de construções e sombras emitidas pelos prédios.

#### **5.4.2 Setor norte**

Este setor em 2010 era habitado por 93.267 pessoas em 19.6 km<sup>2</sup>, é possível encontrar bairros com significativo adensamento populacional e outros com vazios urbanos. As Figuras 54 e 55 estão relacionadas a temperatura de superfície e o índice de NDVI para o setor norte da cidade de Uberlândia no ano de 2014. As temperaturas representadas na Figura 54 permitiram identificar ilhas de calor com temperaturas de 32.1 a 35.0 °C em quatro bairros: São José; Santa Rosa; Minas Gerais e o Distrito Industrial.

Referente à ilha de calor encontrada no bairro São José, ocorre o mesmo comportamento analisado para no ano 2004, a temperatura elevada foi em decorrência da fábrica da Sadia ali localizada, com significativa área construída e o emprego de telhado com alumínio, a empresa é margeada pela mata ciliar e reflorestamento do Rio Uberabinha. O bairro São José comporta apenas 392 habitantes com 122 domicílios, os quais não tendo influência direta na ilha de calor encontrada no bairro.

Figura 54 - Temperatura de superfície do setor Norte da cidade de Uberlândia – MG (2014)

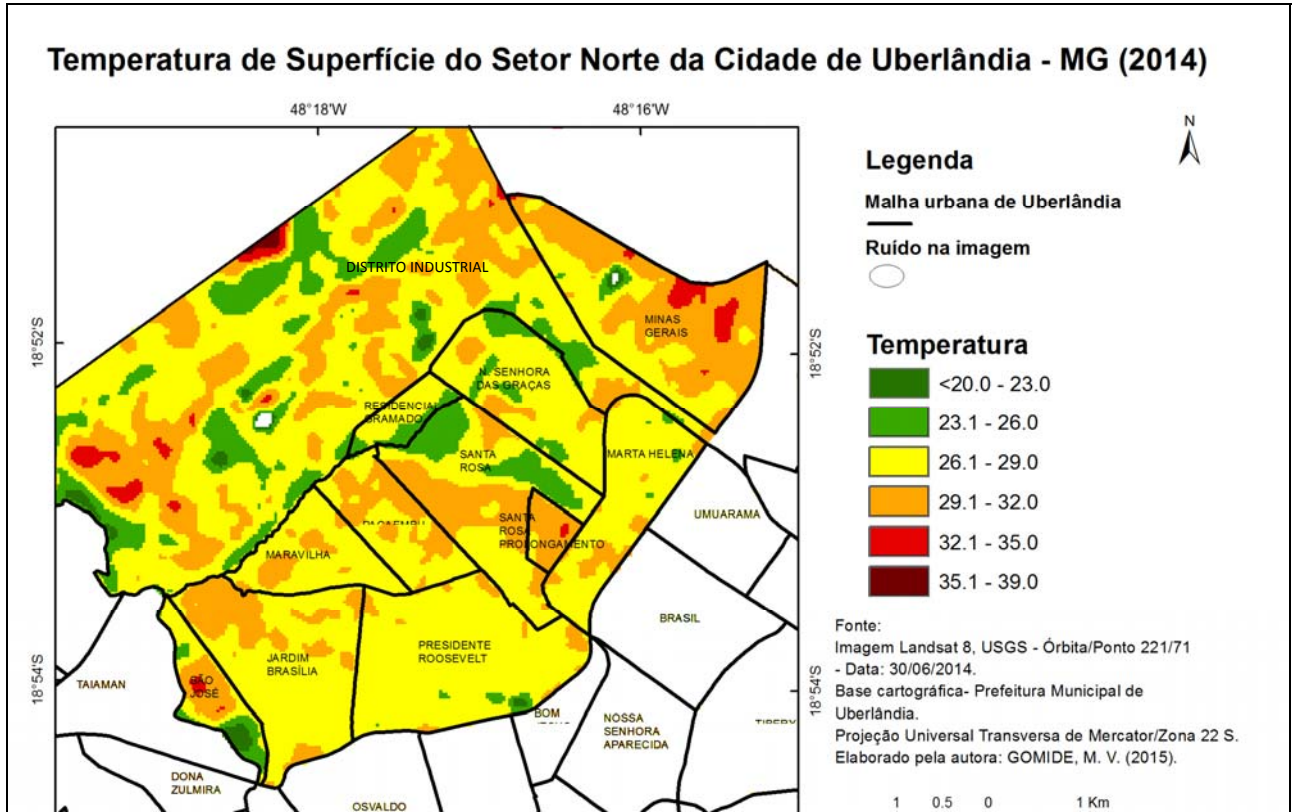
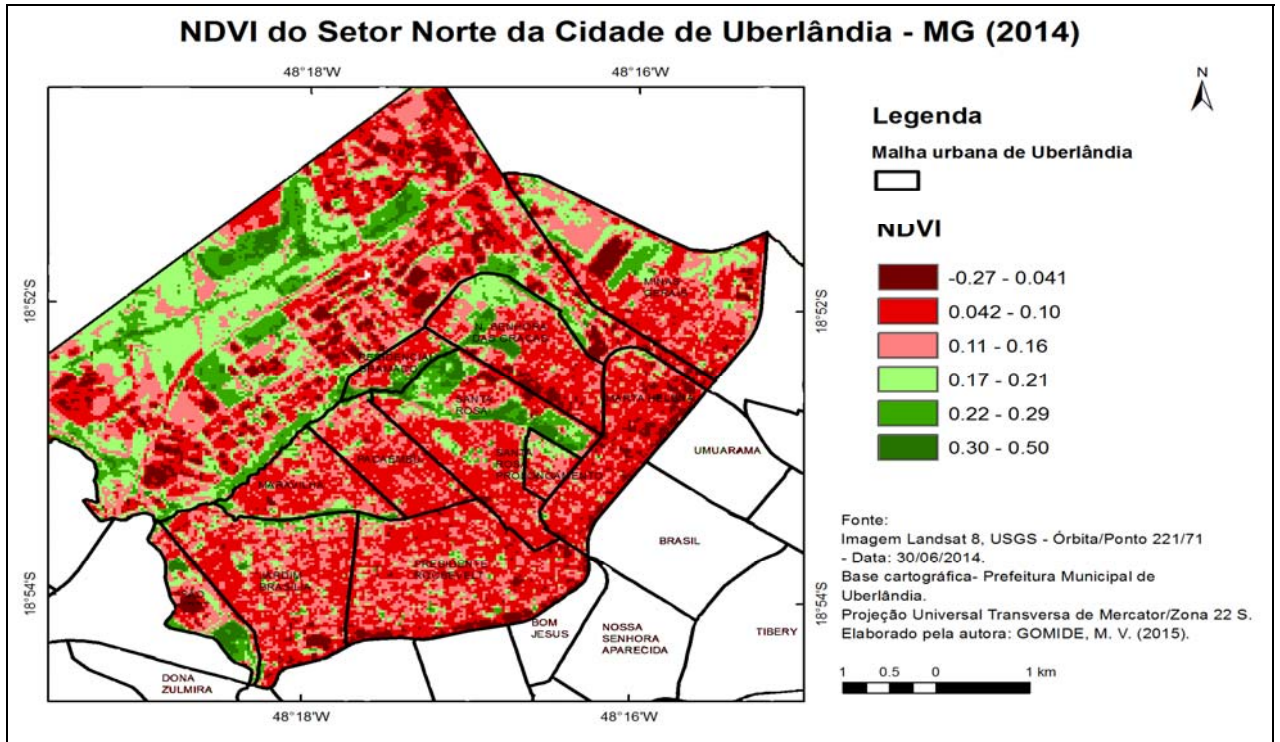


Figura 55 - NDVI do setor Norte da cidade de Uberlândia – MG (2014)



No bairro Santa Rosa, é notada uma ilha de calor, especificamente, no loteamento “Santa Rosa – Prolongamento”, este foi aprovado pela Prefeitura Municipal de Uberlândia no

ano de 2000, possuindo, até o momento, poucas casas e diversos terrenos vagos (diferente do restante do bairro), como visualizado na Figura 56. Neste bairro, havia em 2010, 11.357 habitantes e 3.802 domicílios, com área de 2.87 km<sup>2</sup>, no geral, a maior parte do bairro é denso em construções (com a exceção do loteamento Santa Rosa – Prolongamento). O índice de NDVI aponta para essa região a existência de vegetação parcial (índices de 0.11 a 0.16).

As ilhas de calor no bairro Minas Gerais são decorrentes do solo exposto e/ou com pouca vegetação no loteamento entre as empresas Arcom e Volgo (Figura 57). Trata-se de um bairro com vasta extensão territorial, 3.22km<sup>2</sup> e com relativamente poucos moradores em seu perímetro 8.215 habitantes, devido a isto, pode ser percebida a existência de terrenos vagos.

**Figura 56 - Bairro Santa Rosa (Prolongamento)**      **Figura 57 - Bairro Minas Gerais/terrenos vagos**



**Fonte:** Google Earth (2015)

O distrito industrial tem uma área de, aproximadamente, 9 milhões de m<sup>2</sup> pouco ocupada de acordo com seu tamanho total, havendo a instalação de indústrias. Na área norte, há zonas destinadas a plantações, reservas de preservação permanente, matas ciliares, solos expostos, entre outros, caracterizando proximidade com a zona rural.

Na área oeste do distrito Industrial, notam-se ilhas de calor causadas pelo solo exposto, podendo ser decorrente da colheita de plantações. São notórios dois pontos brancos neste bairro e também no Minas Gerais, trata-se de fábricas e/ou galpões com telhado de alumínio/metalizados em suas construções. Este comportamento também foi identificado em alguns pontos nas imagens de temperatura de superfície do ano de 2004, mostrando a alta

reflectância do alumínio (material utilizado na construção dos telhados), foi mostrado o mesmo comportamento sobre o aparecimento destas áreas brancas no ano de 2004. Com o NDVI, foi possível afirmar que realmente se trata de zonas com ausência de vegetação, o que remete a um uso antrópico.

As temperaturas de 29.1 a 32.0 °C encontram-se ao norte do bairro Jardim Brasília, centro do bairro São José, Pacaembu, Santa Rosa, Minas Gerais e Distrito Industrial. Em todas as localidades contidas com esta temperatura, nota-se a existência de solo exposto e/ou terrenos com poucas construções e sem vegetação.

Temperaturas de 23.1 a 26.0 °C foram localizadas no bairro São José, às margens do Rio Uberabinha. Também encontram-se estas temperaturas no bairro Santa Rosa, Residencial Gramado e Nossa Senhora das Graças, devido ao Parque Municipal Victório Siquieroli.

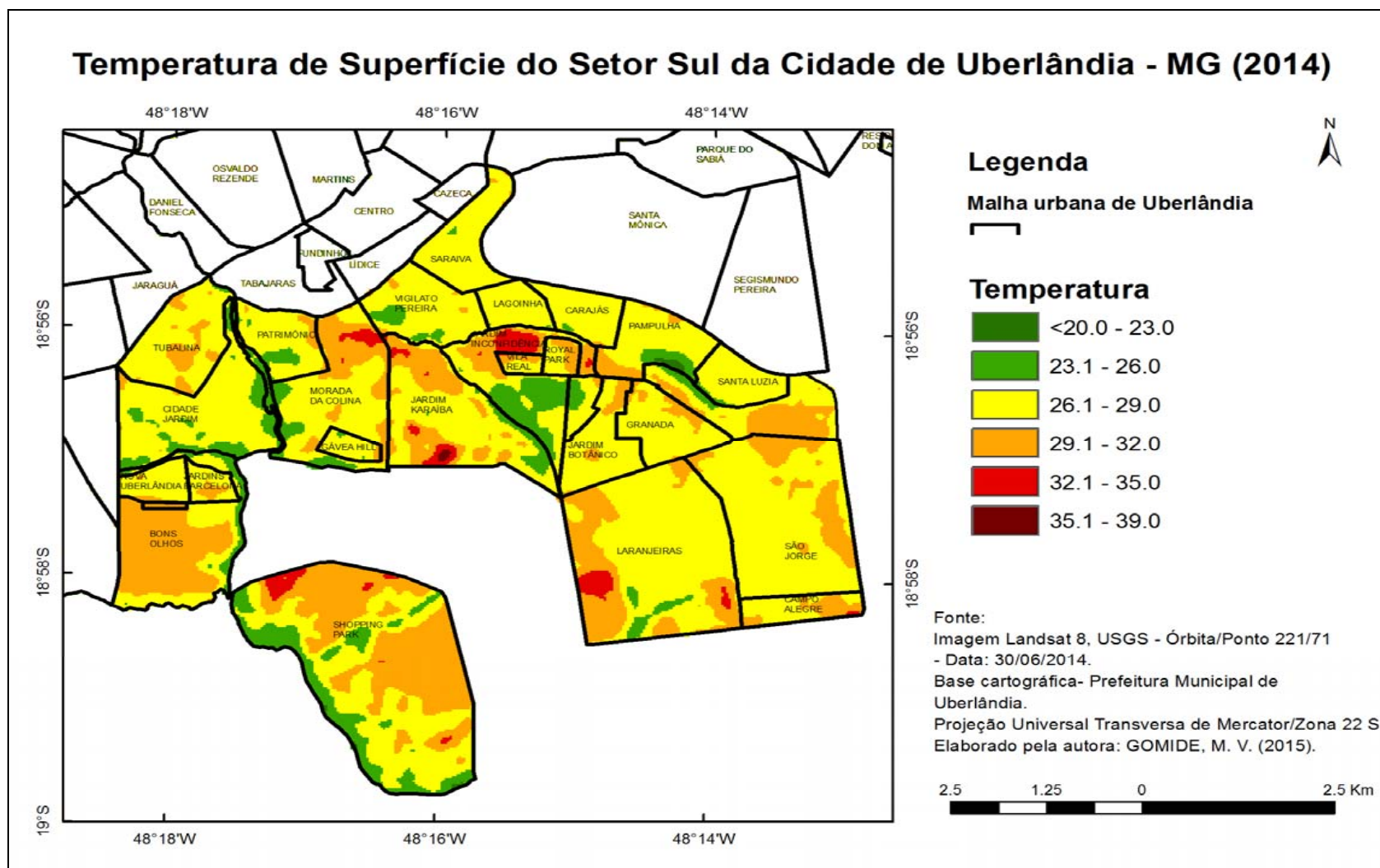
No Distrito Industrial, podem ser identificadas algumas áreas com temperaturas entre 23.1 a 26.0 °C, que são consideradas temperaturas de frescor e estão relacionadas com a vegetação ali presente. No bairro Presidente Roosevelt, é encontrada esta temperatura sobre o telhado do supermercado Atacadão, feito de material metalizado, proporcionando maior refletância, e também sob a Praça João Jorge Cury.

### **5.4.3 Setor sul**

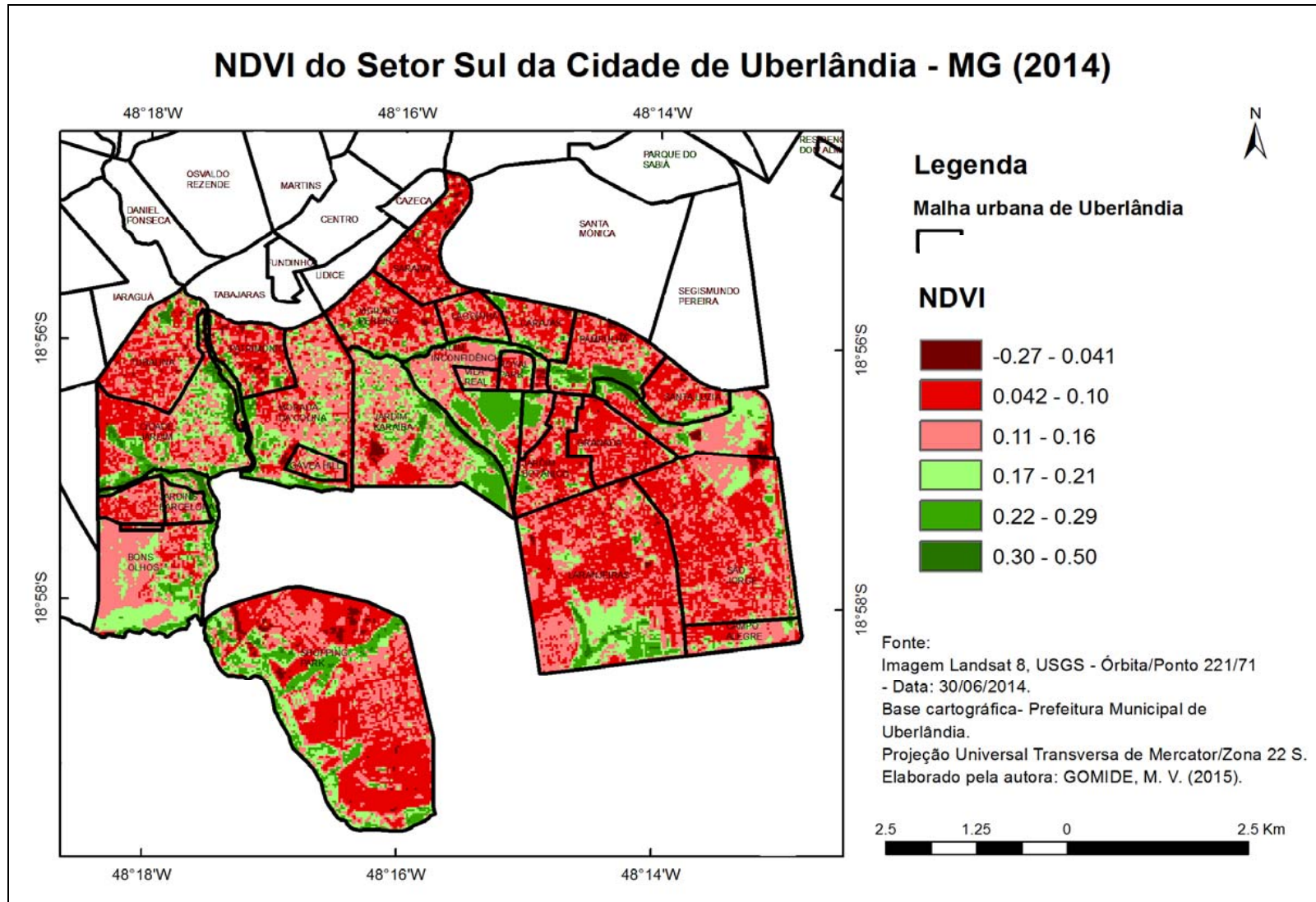
O setor sul é o segundo mais extenso em área, com 35.39 km<sup>2</sup> e 125.623 habitantes, no ano de 2010. Neste setor, também há bairros adensados e outros com loteamentos sem construções e habitações, áreas verdes de preservação são visualizadas, podendo alterar as temperaturas. As Figuras 58 e 59 representam a temperatura de superfície e o índice de NDVI para o setor sul da cidade de Uberlândia, no ano de 2014.

Nesse setor, foram encontradas ilhas de calor nos bairros: Shopping Park; Laranjeiras; Jardim Inconfidência; Jardim Karaíba e Morada da Colina. O comportamento se repete como no ano de 2004, as ilhas de calor foram encontradas em solo exposto com pouca ou nenhuma vegetação.

**Figura 58** - Temperatura de superfície do setor Sul da cidade de Uberlândia – MG (2014)



**Figura 59** - NDVI do setor Sul da cidade de Uberlândia – MG (2014)



O setor Sul possuía, no ano de 2010, uma área de 35.39 km<sup>2</sup>, sendo o maior setor da cidade. Neste, moravam 125.623 habitantes em 2010. Chama a atenção o vasto território pertencente ao bairro, justificando os vários lotes vagos e em fase de criação. De acordo com o NDVI, em todas as áreas onde foram identificadas ilhas de calor, de acordo com o NDVI expresso na Figura 59, há pouca ou nenhuma vegetação, com índices de -0.27 a 0.16.

Já as temperaturas de 26.1 a 29.0 C° foram detectadas em todos os bairros: São Jorge; Santa Luzia; Carajás; Lagoinha; Vigilato Pereira; Patrimônio; Granada; Cidade Jardim; Saraiva e parte do Tubalina. Na sua grande maioria, são bairros populosos, entre os principais, São Jorge, com 26.564 habitantes; Laranjeira, com 19.403 habitantes; Saraiva, com 10.019, e Tubalina, com 8.960 habitantes. O que se nota é que o solo exposto e lotes vagos apresentam maiores temperaturas que os adensados de construções para habitação.

Temperaturas de 20.0 a 26.0 C° se manifestam onde há a existência de vegetação, é o caso das margens do Rio Uberabinha, passando pelo limite dos bairros: Tubalina; Patrimônio; Cidade Jardim; Bons Olhos (Nova Uberlândia) e Shopping Park (Figura 58). Também foram identificadas estas temperaturas nos bairros: Jardim Inconfidência e Pampulha, em áreas de mata ciliares, locais com significativa vegetação de acordo com os índices de NDVI da Figura 59. No setor sul, a temperatura de 26.1 a 29.0 C° foi predominante, estando relacionada diretamente com o uso do solo e a densidade de ocupações nos bairros.

#### **5.4.4 Setor leste**

A temperatura de superfície e o índice de NDVI, para o setor Leste da cidade de Uberlândia no ano de 2014, foram representadas respectivamente nas Figuras 60 e 61. As ilhas de calor mensuradas através da temperatura de superfície, foram identificadas em dois pontos no setor Leste, uma no bairro Custódio Pereira e outra no bairro Aclimação, estas abrangendo temperaturas entre 32.1 a 39.0 °C.

Ambas as ilhas de calor foram identificadas em decorrência de lotes vagos, com pouca vegetação ou solo exposto, vale lembrar mais uma vez, que a data das imagens de satélite escolhido neste trabalho são do mês de Julho, encontra-se a vegetação seca devido à estiagem, elevando os índices de albedo para vegetação seca e solo exposto.

**Figura 60** - Temperatura de superfície do setor Leste da cidade de Uberlândia – MG (2014)

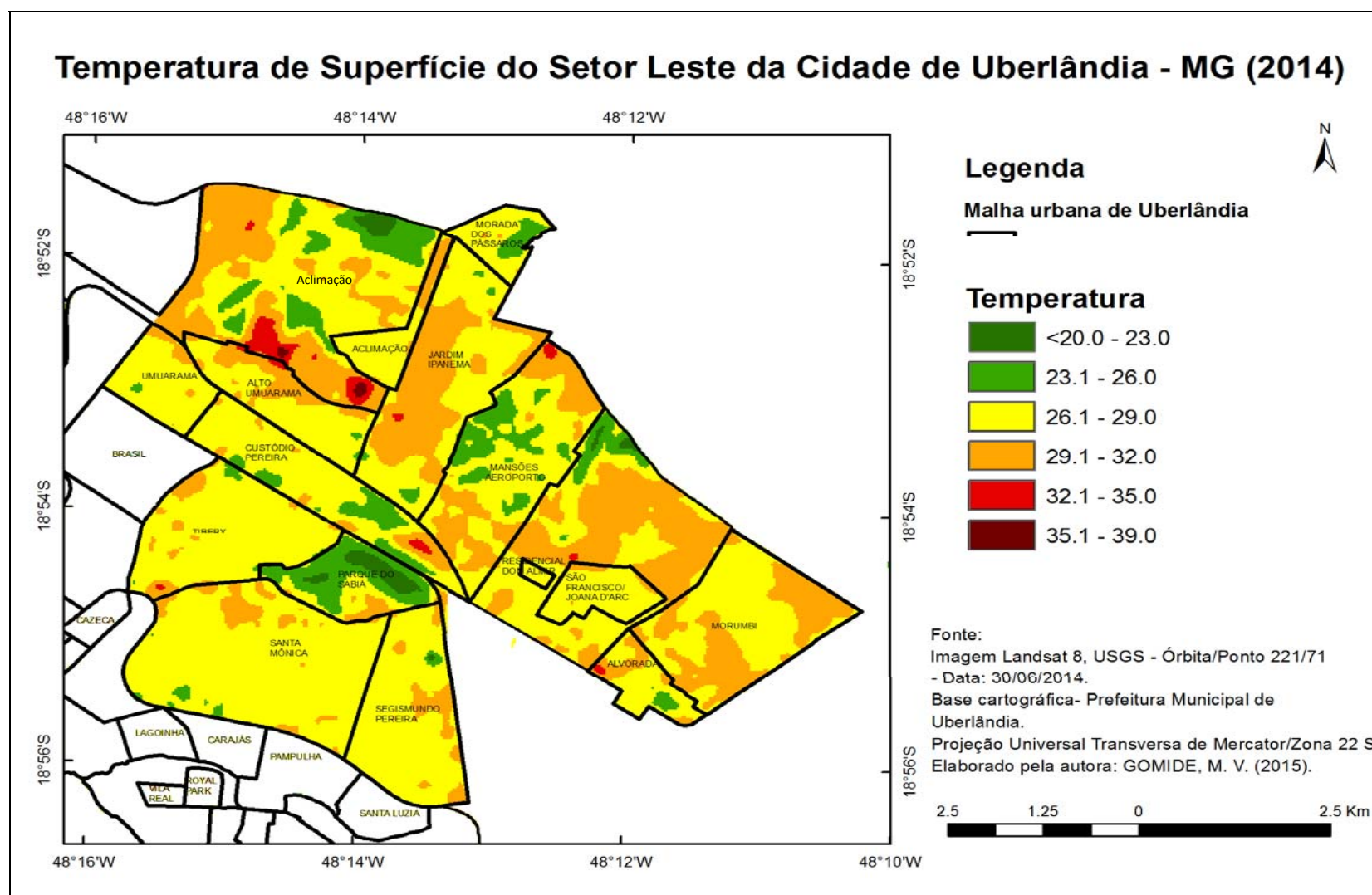
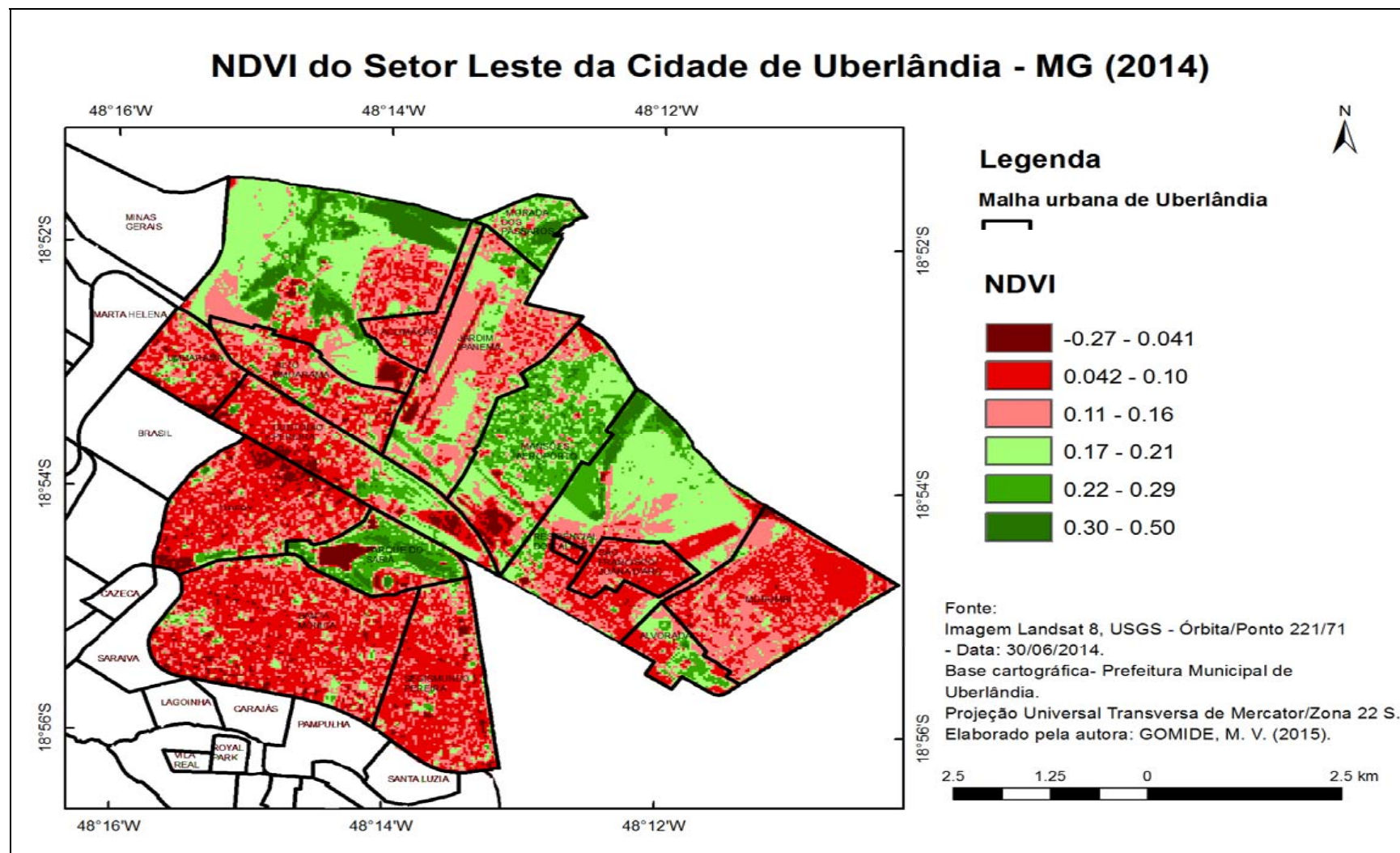


Figura 61 - NDVI do setor Leste da cidade de Uberlândia – MG (2014)



A ilha de calor encontrada no bairro Aclimação, foi em decorrência de uma área desocupada e com vegetação parcial, presente na Figura 62, a qual apresentou temperaturas entre 32.1 a 39.0 C°.

**Figura 62** - Bairro Aclimação – terrenos vagos



Fonte: Google Earth (2015)

A Figura 63, ainda no bairro Aclimação, exhibe onde foram encontradas as ilhas de calor, por meio do mapa de temperatura de superfície (Figura 60), provenientes do tipo de vegetação existente no local, tratando-se de uma camada superficial de *capim*. Na imagem, é mostrado o *capim* seco devido à época de seca e com estiagem na região.

As temperaturas de 29.1 a 32.0 °C foram identificadas com maior evidência nos bairros: Jardim Ipanema; Aclimação; Morumbi e Residencial Integração. Em todas, as incidências são conseqüentes de loteamento vagos, com solo exposto ou pouca vegetação. No bairro Jardim Ipanema, foi devido à pista do aeroporto da cidade, ao norte do bairro Morumbi, pelas ocupações residências espaçadas e a ausência de vegetação, sendo que este bairro possui pouca densidade demográfica, com significativa área 3.84 km<sup>2</sup> e, relativamente, pouca população a ocupando 18.004.

**Figura 63** - Vegetação de terrenos vagos do bairro Aclimação – parte sul



**Fonte:** Google Earth (2015)

Os bairros: Santa Mônica; Segismundo Pereira; Tibery; Umuarama e parte do Residencial Integração (no loteamento São Francisco e Joana D'arc) assinalam temperaturas entre 26.1 a 29.0 °C. Todos estes bairros são populosos, como é o caso dos bairros Santa Mônica, 35.737; Tibery, 18.613; Segismundo Pereira, com 18.537 e Residencial Integração, 14.374 habitantes.

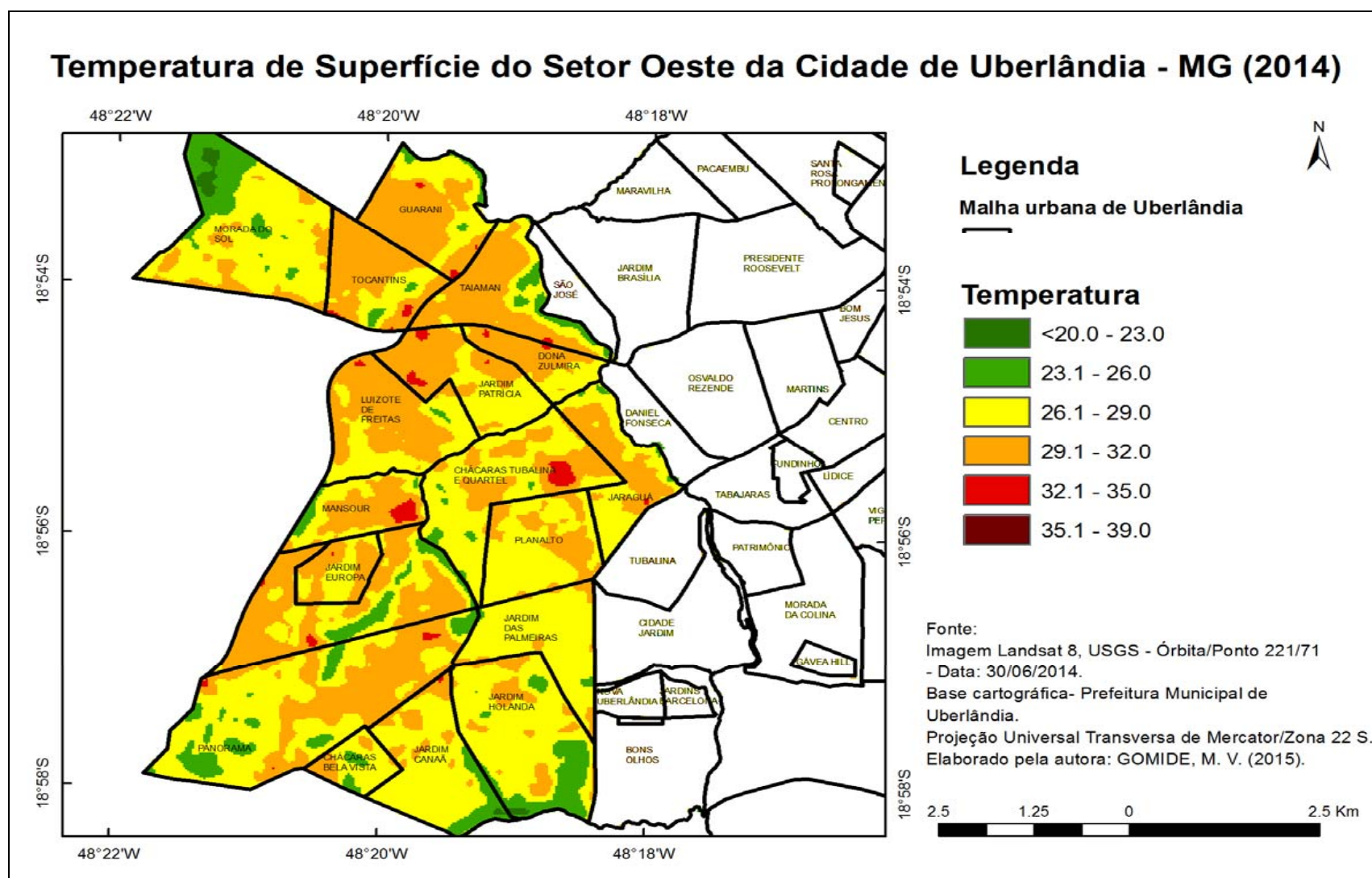
Áreas com temperaturas mais amenas, de 20.0 a 26.0 °C, se fizeram notórias no Parque do Sabiá, no bairro Custódio Pereira e Aclimação, provenientes de áreas verdes, com vegetações densa e rasteira. Já os bairros Mansões Aeroporto e Morada dos Pássaros possuíam construções espaçadas e com significativa área verde, uma espécie de pequenas chácaras, contribuindo positivamente, para a diminuição da temperatura no local, e a existência de zonas frescas com circulação de ar. Isto confirma que a vegetação é a melhor alternativa para diminuir as temperaturas da área urbanizada e colaborar para que o fenômeno das ilhas de calor não ocorram, intensificando as ilhas de frescor na cidade.

No geral, a temperatura predominante no setor leste varia de 26.1 a 29.0 C°, também foram encontradas zonas de frescor (<20.0 a 26.0 °C) nos bairros Mansões Aeroporto, Morada dos Pássaros, Aclimação e no Parque do Sabiá.

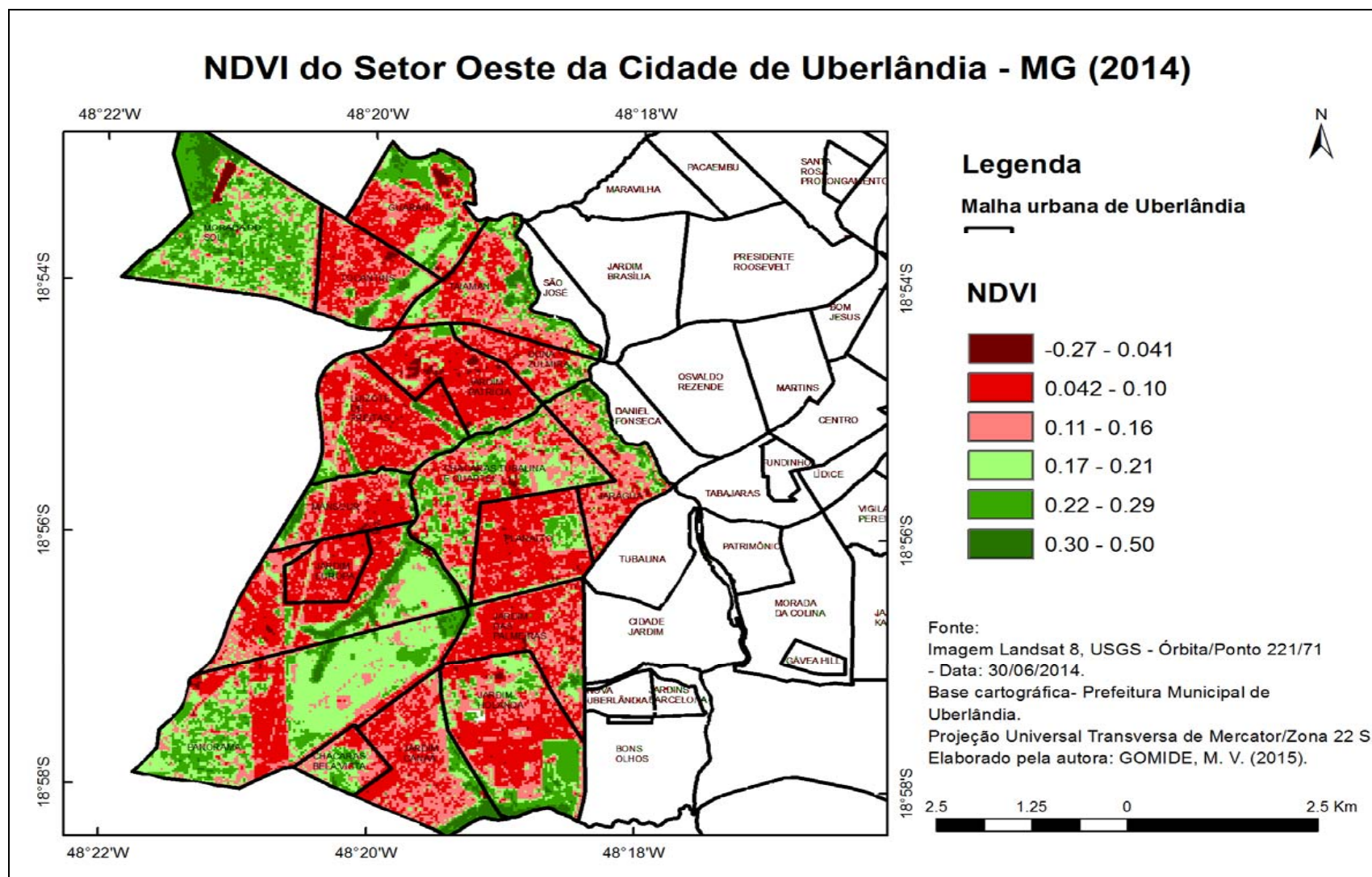
#### **5.4.5 Setor oeste**

Neste setor, em 2010, havia 140.539 habitantes distribuídos em 41.04 km<sup>2</sup>, é o maior setor em população e extensão. Foram identificadas as temperaturas de superfície e o índice de NDVI para o setor oeste da cidade de Uberlândia no ano de 2014, conforme Figuras 64 e 65.

**Figura 64** - Temperatura de superfície do setor Oeste da cidade de Uberlândia – MG (2014)



**Figura 65** - NDVI do setor Oeste da cidade de Uberlândia – MG (2014)



Encontraram-se neste ano, dois focos principais de ilhas de calor, nos bairros: Mansur e Chácaras Tubalina. As ilhas de calor incidentes no bairro Chácaras Tubalina, ocorreram devido ao campo aberto e com vegetação rasteira, do 36º Batalhão Batalhão de Infantaria Motorizada, como também foi identificado para o ano de 2004 (Figura 66). Realizando o NDVI da área em questão notou-se a existência de vegetação, provavelmente, estando seca em decorrência do período de inverno.

Referente ao bairro Mansour, as causas das ilhas de calor foram as construções de conjuntos habitacionais prediais em loteamentos novos no bairro, aprovados no ano de 2010 pela Prefeitura Municipal de Uberlândia, como exemplificado na Figura 67, sendo que, nesse período, o bairro possuía cerca de 7.159 moradores em 1.36 km<sup>2</sup>. Como a construção é recente, ainda se nota a terra exposta em determinados locais do loteamento, o que é denunciado pelo índice de NDVI.

**Figura 66** - 36º Batalhão de Infantaria Motorizada

**Figura 67** - Bairro Mansour



Font  
e:  
Goo  
gle  
Eart  
h  
(201  
5)

É possível visualizar, por meio da Figura 64, outras ilhas de calor distribuídas nos bairros: Luizote de Freitas; Jardim Patrícia e Dona Zulmira, mas estas sem grande importância, devido ao seu tamanho todas estão ocorrendo novamente, se comparadas com o ano de 2004, em função da existência loteamentos vagos, com solos expostos ou pouca vegetação.

As temperaturas mensuradas de 29.1 a 32.0 °C abrangem os bairros: Jardim Europa; Mansour; Luizote de Freitas; Jardim Patrícia; Taiaman; Guarani, Tocantins e Dona Zulmira. Estas temperaturas estão também relacionadas com a falta de vegetação e com a densidade de construções nestes locais, como os bairros: Luizote de Freitas com 19.168 habitantes e 2.55

km<sup>2</sup>; Tocantins 12.431 habitantes e 1.77km<sup>2</sup>; Mansour 7.159 pessoas e 1.36km<sup>2</sup>; Jardim Patrícia 8.242 e 1.91 km<sup>2</sup> e Guarani 9.046, 2.26 km<sup>2</sup>.

Nos bairros Jardim das Palmeiras; Cidade Jardim; Jardim Canaã; Tubalina e Morada do Sol, as temperaturas identificadas, por meio da Figura 64, ficaram entre 26.1 a 29.0 °C. Zonas de frescor com temperaturas de 23.1 a 26.0 °C são encontradas em razão da existência de vegetação nos bairros Panorama, Jardim Canaã e Jardim Holanda, Jardim Europa, Taiaman e Morada do Sol. Em todos estes, a vegetação é decorrente de matas ciliares e áreas de preservação permanente, com exceção do bairro Morada do Sol, cuja área de frescor ocorre da existência de vegetação e chácaras.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se, com os resultados desta pesquisa, que as ilhas de calor se manifestam em Uberlândia, principalmente, em decorrência de locais com solo exposto, ou com fina camada de vegetação. Na zona rural, são áreas destinadas a plantações agrícolas, principalmente após a colheita o solo fica exposto sem vegetação provocando aquecimento, juntamente com as pastagens degradadas (que possuem pouca vegetação). No caso da zona urbana, são decorrentes de lotes vazios, com presença parcial ou ausente de vegetação.

Em Uberlândia, em virtude da especulação imobiliária dos anos 70, muitos loteamentos foram construídos, mas a cidade ainda comporta diversos loteamentos sem uso. Isto leva a crer que a cidade cresceu sem um planejamento urbano efetivo, não otimizando seus espaços, causando reflexos na temperatura local, como visto nos resultados alcançados.

No ano de 2004, observou-se diferença de um grau de temperatura a menos quando comparado com 2014. Mensurou-se, neste último ano, a maior temperatura, 39.0 °C. Apesar do ano de 2014 ter apresentado maior temperatura, notou-se que no ano de 2004 ocorreu o predomínio de temperaturas mais elevadas na cidade, sendo de 29.1 a 32.0 °C. Isto se deu devido à temperatura média do ar, para o ano de 2004, estar cotada em 24.4 °C, enquanto que, no ano de 2014, a temperatura do ar foi mais baixa, 22.4°C e a de superfície predominante ficou entre 26.1 a 29 °C. Vários outros fatores poderiam ter colaborado para este resultado, como a massa de ar atuante no dia e os sistemas de ventos. Referente às ilhas de calor, foram identificadas em maior predominância no ano de 2004.

O comportamento das ilhas de calor, em geral, é diferente nos dois anos analisados, mas se repete, principalmente, em seis bairros: Jardim Karaíba, Jardim Inconfidência, Aclimação, Chácaras Tubalina, Laranjeiras e Distrito Industrial

A incidência e o tamanho das ilhas de calor variam em cada ano e também em sua localidade nos bairros, mas estão, visivelmente, ligados aos solos expostos ou com pouca cobertura de vegetação, tratando-se de loteamentos vazios/vagos.

Um adendo sobre a discussão dos solos expostos identificados na cidade, é que o mês de Junho (empregando como referência das imagens de satélite) é um mês seco na região de estudo, muito dos terrenos que possuíam vegetação rasteira as perdem, devido à estiagem que

ocorre neste período, colaborando para a elevação do albedo em solos expostos e coberturas com vegetação seca, aumentando assim a temperatura do local.

Também foi observado através da mensuração do mapa de temperatura de superfície, áreas e/ou pontos na cor branco sobre determinadas construções no distrito industrial, onde a reflectância emitida foi extremamente alta, e a emissividade extremamente baixa, podendo ter causado “discordância” no pixel. Geralmente, se tratam de construções com telhados de alumínio, sendo este elemento condutor térmico, aquecendo facilmente, se exposto ao sol sem revestimento.

Determinados tipos de materiais de construções influenciam na reflectância, albedo e emissividade, contribuindo com a formação de ilhas de calor. Em Uberlândia, percebeu-se que determinadas fábricas e galpões foram representados com temperatura muito elevada em decorrência do material utilizado na construção dos telhados, principalmente, os metálicos e de alumínio. A reflectância destes materiais é alta, chegando a 65% em um telhado com pequena inclinação e possuindo, assim, baixa emissividade 0.08.

Uma alternativa em busca de mitigar o efeito das ilhas de calor, é optar por um revestimento para telhados metálico, o que aumentará a emissividade. Uma das ações mais eficiente seria optar por materiais de construções que possuem alta reflectância e emissividade.

Devido a isto, nota-se a necessidade de conhecimento sobre projetos arquitetônicos industriais e de grandes obras, optando pela utilização de materiais de construção que contribuam para as zonas de frescor e o conforto térmico no microclima local.

Conclui-se que as menores temperaturas ocorreram em áreas com significativa vegetação. Em 2014, visualizaram-se mais áreas com temperaturas amenas decorrentes da vegetação, quando comparadas ao ano de 2004, isto pode ser em razão de áreas de preservação permanente, próximas a córregos, mananciais e parques, ou mesmo pelo fato de a temperatura do ar, no ano de 2014, ter sido mais amena que a de 2004. Nota-se, por meio de identificação visual no NDVI, que as áreas com ausência de vegetação ampliaram-se, principalmente, no setor sul de Uberlândia.

Também foi notório, nos dois anos estudados (2004 e 2014), que, em três bairros (Morada do Sol, Morada dos Pássaros e Mansões Aeroporto), ocorreram temperaturas amenas entre 23.1 a 26.0 °C em virtude da quantidade de vegetação. Nestes bairros as construções são

em formato de chácaras, espaçadas entre si, com grandes terrenos e vastas áreas verdes, colaborando para criação das zonas de frescor, com maior circulação de ar, evapotranspiração e temperaturas mais amenas

As zonas verdes ou de frescor, estão, estritamente, ligadas à existência de vegetação. Em Uberlândia, identificaram-se algumas zonas de frescor em decorrências de matas ciliares, parques, praças, entre outros, mas, no geral, a cidade possui pouca vegetação, principalmente na localidade central de sua malha urbana, de acordo com os resultados alcançados pelo índice de NDVI. As zonas de frescor propiciam, além de melhor conforto térmico, lazer e entretenimento para a população como a exemplo os parques e praças.

Algumas medidas mitigadoras para as ilhas de calor é a implantação de áreas verdes e utilização de materiais de construção específicos. Entre as principais, estão as coberturas verdes (vegetação) em telhados (prédios ou casas); cobertura das laterais de prédios com vegetação, formando jardins verticais; árvores de sombra; pavimentos permeáveis, colaborando também com as taxas de escoamento de águas da chuva; instalação de coberturas com altos índices de reflectância e emissividade térmica, como propõem Gartland (2010).

Aqui, foram levantadas apenas algumas ações, mas são inúmeras as medidas cabíveis de realizar, seja pelo gestores públicos ou pela iniciativa privada, a mitigação das ilhas de calor e a criação de zonas de frescor, colaborando para o conforto térmico local.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, L. A **dinâmica e configuração atual da área central das cidades médias:** particularidades e semelhanças entre Uberlândia-MG e Ribeirão Preto-SP. In: XIII Simpósio de Geografia Urbana, Rio de Janeiro, p. 8-16, 2013.
- AMORIM, M. C. C. T. **O Clima Urbano de Presidente Prudente/SP.** São Paulo, 2000, 322f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, 2000.
- AMORIM, M. C. C.T.; DUBREUIL, V. H. Q.; SANT’ANA NETO, J. L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França), *Confins*, n. 7, 2009.
- ANDRADE, A. R.; ROSEGHINI, W. F. F.; MENDONÇA, F. A. Análise do campo térmico da cidade de Irati/PR: primeiros experimentos para a definição do clima urbano. **Revista Brasileira de Climatologia**, nº 6 , v. 6 , p. 675 – 689, Junho/ 2010. Disponível em: < <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/revistaabclima/article/view/25587>> Acesso em: 13 nov. de 2012.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 11º ed. - Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 2006. 332p.
- BANCO DE DADOS INTEGRADOS** – BDI- Prefeitura Municipal de Uberlândia, Secretaria Municipal de Planejamento Urbano (2014). Disponível em < <http://www.uberlandia.mg.gov.br/2014/secretaria-pagina/56/514/secretaria.html>>. Acesso em: 20 de Jan. 2015.
- BAPTISTA, G.M.M. Estudo Multitemporal do fenômeno Ilhas de Calor no Distrito Federal. **Revista Meio Ambiente**, n. 02, p. 03-17, 2002.
- BARBOSA, R. V. R.; VECCHIA, F. A. S. “Estudos de Ilha de Calor Urbana por meio de Imagens do Landsat 7 Etm+: Estudo de Caso em São Carlos (SP)”. **Revista Minerva – Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n. 3, set./dez. 2009. Disponível em: <[http://www.fipai.org.br/revista\\_minerva\\_eletr\\_v06n03.html](http://www.fipai.org.br/revista_minerva_eletr_v06n03.html)>. Acesso em: 8 out. de 2014.
- BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. F. Bases Conceituais em Climatologia Geográfica. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, a.08, n 16, 2009.
- BASANE, A. C.; SILVA, R. F.; MIRANDA, Y. C.; BALDO, M. C. A influência do clima urbano em cidades de pequeno porte: uma revisão teórica. In: **I Simpósio de estudos urbanos: desenvolvimento regional e dinâmica ambiental.** Campo Mourão. 2011. Disponível em: <[http://www.mauroparolin.pro.br/seurb/Trabalhos/eixo\\_12\\_clima\\_urbano\\_3\\_artigos/basane\\_a\\_influencia\\_do\\_clima\\_urbano\\_em\\_cidades\\_de\\_pequeno\\_porte\\_uma\\_revisao\\_teorica.pdf](http://www.mauroparolin.pro.br/seurb/Trabalhos/eixo_12_clima_urbano_3_artigos/basane_a_influencia_do_clima_urbano_em_cidades_de_pequeno_porte_uma_revisao_teorica.pdf)> Acesso em: 03 fev. de 2015.
- BIAS, E. de S.; BAPTISTA, G.M.de M.; LOMBARDO, M. A. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados landsat e ikonos. In: XI Simpósio

Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, Brasil, **Anais do XI SBSR**, Belo Horizonte, Brasil, abril, 2003 INPE, p. 1741 – 1748. 2003. Disponível em: <[http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/09.12.18.52/doc/14\\_005.pdf](http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/09.12.18.52/doc/14_005.pdf)> Acesso em: 20 abr. de 2014.

BOTELHO, D. N. **Dinâmica imobiliária e estruturação intra-urbana: estudo de caso dos condomínios horizontais fechados no setor sul de Uberlândia (MG)**. 2008, p. 145. Dissertação (Mestrado **Geografia**); Instituto de estudos Sócio-ambientais. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2008.

CARNEIRO FILHO, N. V.; BERNARDELLI, C.; CRUVINEL, P. B.; SILVA, T. I.; CLEPS, G. D. G. Estudo populacional de Uberlândia (mg), 1996-2006. 4ª Semana do Servidor e 5ª Semana Acadêmica. **Anais 4ª Semana do Servidor e 5ª Semana Acadêmica**, p. 1- 9, 2008.

CHANDLER, T. J. **Urban climatology and its relevance to urban design**. Geneva: WMO Technical Note 149. 1976.

CLEPS, J. J. **Dinâmica e estratégias do setor agroindustrial no cerrado: o caso do Triângulo Mineiro**. 1998. 291 f. Tese (Doutorado em Organização do Espaço) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP /Rio Claro, 1998.

CLEPS, G. D. G. **Estratégias de Reprodução do Capital e as Novas Espacialidades Urbanas: O comércio de auto-serviço em Uberlândia (MG)**. Rio Claro: UNESP, 2005. 317f. Tese (doutorado em Geografia) – IGCE, UNESP, 2005.

CLEPS, G. D. G. A produção do espaço urbano de Uberlândia e as políticas públicas de planejamento. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia v. 9, n. 27 set/2008 p. 26 – 41.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica** v.7, n.1. 2013, p. 31-45.

COLL, C.; GALVE, J.M.; SÁNCHEZ, J. M.; CASELLES. V. “Validation of Landsat 7/ETM+ Thermal-Band Calibration and Atmospheric Correction With Ground-Based Measurements”, **IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.**, v. 48, n. 1, pp. 547–555, Jan. 2010.

COLTRI, P.P. **Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto**. 2006. 166p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-25102006-123617/pt-br.php>> Acesso em: 22 mai. De 2014.

CONTI, J. B. **A Geografia Física e as Relações sociedade/Natureza no Mundo Tropical**. São Paulo: Humanitas FFCHL. 2002. 35p.

CONTI, J. B. **Clima e Meio Ambiente**. Ed. Atual, São Paulo, 1998. 87p.

DUMKE, E. M. S. **Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba.** 2007. 417 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

ELY, D. F. **Teoria e método da climatologia geográfica brasileira: uma abordagem sobre seus discursos e práticas.** 2006. 208 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2006.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 4 fev. 2015.

EPA: **Environmental Protection Agency.** Disponível em:< <http://www.epa.gov> > Acesso em: 23 abr. de 2013.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia Prática.** São Paulo, Oficina de Textos, 2006, 189 p.

FIALHO, E. S. **Ilha de Calor em cidade de pequeno porte: Um caso de Viçosa, Zona da Mata Mineira.** São Paulo, 2009. 259p. Tese (Doutorado em Geografia/Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** Tradução de Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010, p.248.

GEIGER, R. **Manual de Microclimatologia:** O clima da camada de ar junto ao solo. Tradução de Ivone Gouveia e Francisco Caldeira Cabral; 4ª ed. Fundação Calouste Gulbenkian/Lisboa, 1961, 556 p.

GUIMARÃES, E. N. A Influência paulista na formação econômica e social do Triângulo Mineiro. In: PAULA, J.A. & et alli (ed.), **Anais do XI Seminário sobre a Economia Mineira** [Proceedings of the 11th Seminar on the Economy of Minas Gerais], Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.** Disponível em:<<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 01 jun. de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE.** Disponível em : <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 20 de Dez. 2014.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução de José Carlos Neves Epiphanyo (cord.) et al. São José dos Campos, São Paulo, 2009.598p.

JULIANO, A. A.; LEME, H. J. C. Transformações econômicas e dinâmica migratória recente na área de Uberlândia: um perfil sócio-econômico da população migrante. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, n. 13, 2002, Ouro Preto. **Anais... Ouro Preto: ABEP**, p. 56-69, 2002.

LANDSBERG, H. E. O Clima das cidades. Tradução: Prof. Dr. Tarik Rezende de Azevedo, DG, FFLCH, USP. Revisão Profa. Dra. Maria Elisa Siqueira Silva, DG, FFLCH, USP. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 18, p. 95-111, 2006.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908p.

LO, C. P., YEUNG, A. K.W. Concepts and Techniques of Geographic Information Systems, 2nd Edition, Ph.Series in **Geographic Information Science**, Prentice-Hall. 2008.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985, p. 185.

LOPES, M. L.; RAMIRES, J. C. L. Uma caracterização sócio-espacial da periferia urbana de Uberlândia-Mg. **Observatório geográfico América Latina**, v. 6, 2012.

MARTINS, H. E. de P. Formação e desenvolvimento socioeconômico do Triângulo Mineiro. **Varia Historia**, Belo Horizonte, nº19, p.164-182, nov 1998.

MENDEZ, P. C.; QUEIROZ, A. T. Caracterização climática do município de Ituiutaba. In \_\_\_\_\_. (Org.). **Geografia do Brasil Central**. Uberlândia: Assis, 2011. p. 355-378.

MENDONÇA, F. Aspectos da Interação Clima Ambiente saúde Humana: Da Relação Sociedade-Natureza á (In) Sustentabilidade Ambiental. **Revista Ra e 'Ga, Curitiba**, n. 4, p. 85-99. Editora da UFPR, 2000.

MENDONÇA, F. de A. **O clima e o planejamento urbano das cidades de porte médio e pequeno**: proposições metodológicas para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. 1994. 244f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, FFLCH/USP, São Paulo. 1994.

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

MENDONÇA, F. **Geografia e Meio Ambiente**. Ed. Contexto. 2014. 80p.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. Ed. Oficina de Textos. São Paulo. 2007. 206p.

MESQUITA, F. C.; ANDREOZZI, S. L. O início do processo de industrialização em Uberlândia: uma análise das primeiras indústrias até o estado novo. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v.1, n.1, p.124-144, jan. 2009.

MING, T. C; LIU, W. T. H. Estima de Albedo, temperatura e NDVI do estado de São Paulo através dos dados AVHRR do satélite NOAA. **Anais... XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro, 2000.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (Org.) **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2003. p. 9-67.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Editora Viçosa, 3º ed. Viçosa, 2007, p. 422.

MOTA, H. **Evolução urbana de Uberlândia** : uma cidade do Triângulo Mineiro de porte médio em contínuo crescimento. 2001, p. 185. Dissertação ( Mestrado **Geografia**) Pontifícia Universidade Católica – PUC, Campinas, 2001.

MOURA, G. G. **Condomínios horizontais/loteamentos fechados e a vizinhança (in)desejada: um estudo em Uberlândia/MG**. 2008. 270 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2008.

NASA - **National Aeronautics and Space Administration**. Disponível em <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=5596>> Acesso em 23 fev. de 2015

NASCIMENTO, D. T. F. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986-2010)**. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, 2011.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2ed. 1989. 422p.

NISHIDA, W. **Uma rede neural artificial para classificação de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

NOVAIS, G. T. **Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG)**. 2011. 175 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008. 363p.

OKE, T. R.; VOOGT, J. A. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing Environment**, v. 86, p. 370-384, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425703000798>> Acesso em : 17 jul. 2014.

ORTIZ, G. F. **O clima urbano de Candido Mota : análise do perfil térmico e higrométrico em episódios de verão**. 2012. 158 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Presidente Prudente, 2012.

ORTIZ, G.F.; AMORIM, M. C. C. T. Clima urbano e ilhas de calor em Cândido Mota/SP. **Revista Geonorte**, edição especial 2, v.2, n.5, p.455 – 468. 2012. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/viewFile/822/1089>> Acesso em: 25 jun. de 2013.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. 1.ed. São José dos Campos: Parêntese, 2007. v.1, p.127.

**PLANO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL DE UBERLÂNDIA** - Prefeitura Municipal de Uberlândia, 2009. Disponível em < [http://www.uberlandia.mg.gov.br/2014/secretaria-pagina/43/497/plano\\_local\\_de\\_habitacao\\_de\\_interesse\\_social\\_\\_\\_plhis.html](http://www.uberlandia.mg.gov.br/2014/secretaria-pagina/43/497/plano_local_de_habitacao_de_interesse_social___plhis.html)>. Acesso em: 05 de Fev. 2015.

QUEIROZ, A. T. **Análise e avaliação da demanda e da disponibilidade hídrica nos alto e médio curso do rio Uberabinha e o abastecimento público em Uberlândia (MG)**. 2012, p. 107. Dissertação (Mestrado); Instituto de Geografia; Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

ROLDÃO, A. F; ASSUNÇÃO, W. L. Caracterização e duração das estações seca e chuvosa no Triângulo Mineiro. **Revista Geonorte**. edição especial 2, v.1, n.5, p.428 – 440, 2012.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, n.16, p. 81-90. 81, 2005. Disponível em: <[http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG\\_16/Roberto\\_Rosa.pdf](http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_16/Roberto_Rosa.pdf)> Acesso em: 06 dez. de 2013.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, 6ª.ed. Uberlândia: EDUFU, 2007, p. 262.

SAMPAIO, A. H. L. **Correlações entre o uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador/BA**. 1981. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós Graduação em Geografia- FFLCH/USP, São Paulo/SP. 1981.

SANT' ANNA NETO, J. L. Por uma geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**. São Paulo, n. 17, 2º semestre/2001. p. 49-62

SANT' ANNA NETO, J. L. N. Da climatologia geográfica à geografia do clima gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**. v. 4, p. 51-72, 2008.

SANT' ANNA NETO, J. L. . O tempo e o clima na vida da roça. In: VILLALOBOS, J. U. G. (Org.). **Ambiente, Geografia e Natureza**. 1ed. Maringá: Programa de Pós-graduação em Geografia da UEM, 2000, p. 63-92.

SAYDELLES, A. P. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria-RS**. 2005. 219f. Dissertação (Dissertação de mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2005. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes\\_2005/Alexandre%20Pistoia%20Saydelles.pdf](http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes_2005/Alexandre%20Pistoia%20Saydelles.pdf)> Acesso em: 29. fev. de 2014.

**SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E URBANIZAÇÃO** - Prefeitura Municipal de Uberlândia, 2015. Disponível em < <http://www.uberlandia.mg.gov.br/2014/>> Acesso em 10 de mai. 2015.

SILVA, E. M.; ASSUNÇÃO, W. L.; O clima na cidade de Uberlândia –MG. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, n. 16, v. 30, p. 91-107, jun. 2004.

- SILVA, J. P. G.; CLEPS, G. D. G. Comércio e dinâmica urbana: As galerias de comércio popular presentes na avenida João pessoa, centro de Uberlândia – mg. **Revista Georaguaiá**. Barra do Garças-MT. v 4, n.1, p 50 – 69, 2014.
- SILVA, K. N.; FIALHO, V. R. Desenvolvimento sócio-espacial e dinâmica urbana da zona sul da cidade de Uberlândia. **GEOUSP - Espaço e Tempo**. São Paulo, Nº 31 pp. 69 - 78, 2012.
- SILVA, V. A.; GUIMARÃES, E. N. et al. Aglomeração urbana de Uberlândia (MG): formação sócio-econômica e centralidade regional. In: HOGAN, J., et al. (orgs.) **Migração e ambiente nas Aglomerações Urbanas**. Campinas: Núcleo de Estudos Populacionais/UNICAMP, 2001.
- SOUSA, S. B.; FERREIRA, L. G. Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos: um estudo por meio de sensoriamento remoto no município de Goiânia, Goiás (2002 – 2011), **Confins**, n. 15, 2012. Disponível em <<http://confins.revues.org/7631> ; DOI : 10.4000/confins.7631>. Acesso em: 19 Jun. 2015.
- SOARES, B. R. **Uberlândia: da Cidade Jardim ao Portal do Cerrado – Imagens e Representações no Triângulo Mineiro**.1995.Tese (Doutorado). Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- SORRE, M. Objeto e Método da Climatologia. **Revista do Departamento de Geografia**, v.18, p. 89-94, 2006.
- STEINKE, E. T. **Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público**. 2004. 201 f. Tese (Doutorado em Ecologia)- Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2004.
- TARIFA, J. R. Análise Comparativa da Temperatura e Umidade na Área Urbana e Rural de São José dos Campos (SP). **Geografia**, v. 2, n. 4, p. 59 – 80, outubro 1977.
- TAVARES, R. e TARIFA, J.R. O Clima Local de Sorocaba (SP): análise comparativa cidade-campo. In: **Anais do VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Fórum Latino-Americana de Geografia Física Aplicada**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997. v.II. 8p.
- TEZA, C. T. V.; BAPTISTA, G. M. de M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER *on demand* 08 – *Kinetic Temperature* (III): metrópoles brasileiras. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, INPE, p. 3911-3918. 2005. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.01.17.52/doc/3911.pdf>> Acesso em: 10. fev. 2014.
- UMMUS, M. E.; NOVACK, T.; PRADO, B. R.; GONÇALVES, E. S. Sensoriamento remoto aplicado aos estudos de ilhas de calor urbanas. **Geografia. Ensino & Pesquisa**, v. 12, p. 4471-4486, 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtecm18@80/2008/07.04.17.46>>. Acesso em: 07 nov. 2014.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. Disponível em<  
<http://www.usgs.gov/>>. Acesso em: 13 Fev. 2015.

VELASCO, G.D.N.; POLIZEL, J.L.; COLTRI, P.P.; LIMA, A.M.; SILVA FILHO, D.F.;  
Aplicação do índice de Vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) em  
imagens de alta resolução no município de São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de  
Arborização Urbana**. v.2, n.3, p. 1-12, 2007.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e aplicações**. Viçosa, UFU, 1991,  
449 p.

WEN, Q. Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. **Photogrammetric  
Engineering and Remote Sensing, Bethesda**, v.69. 2003.