

## **Avaliação do aumento da temperatura de superfície, na zona norte de Teresina- Piauí, usando como parâmetros a diminuição da cobertura vegetal e a expansão da urbanização, em 20 anos.**

Susane Laís da Silva Chaves <sup>1</sup>  
Diego Samuel Araújo <sup>1</sup>  
Daniel Silva Veras <sup>1</sup>  
Lineardo Ferreira de Sampaio Melo <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI  
*Campus Teresina Central*  
Rua Quintino Bocaiuva, 94 – Centro Sul, Teresina – PI, Brasil, CEP 64002-370.  
susanelais@oi.com.br  
dsamuel.geo@gmail.com  
danielveras@ifpi.edu.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO  
*Campus Araguatins*  
Povoado Santa Tereza, s/n – Povoado Santa Tereza, Araguatins – TO, Brasil, CEP 77950-000  
lineardo@ifto.edu.br

**Abstract.** Teresina is the capital of Piauí and one of the most populous municipality in the state. Analyzing climatic factors, such as the relatively high average temperature of the capital and the anthropic factors, such as the continuous relations: Population Growth, Urban Expansion and vegetal cover, it was concluded that such phenomena caused by the human occupation of the territory interfere directly Increase in the temperature of the locality. In this context, this work aims to evaluate the variation of surface temperature in the north zone of the city between 1994 and 2014. Through digital image processing, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) imaging techniques were used to investigate the spatial variation of vegetation, the non-supervised classification method by pixel Kmedias to perform the study of land use and occupation And the calculation of the surface temperature, based on the formula of Malaret et. al (1985) to evaluate changes in surface temperature over time. It was concluded that there was significant deforestation in the area of study correlated to a significant increase in the urban spot and to an expansion of the previously concentrated heat spot in the city center. It is important to emphasize the importance of vegetation in the control of temperature increase, and the importance of orderly growth of the city, with prevention of the environment and the application of a sustainable model of life.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, surface temperature, sensoriamento remoto, processamento de imagens, temperatura de superfície.

### **1. Introdução**

Segundo a estimativa do Censo 2016 do IBGE, o Piauí tem 224 municípios distribuídos em uma área total de 251.577,738 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 3,2 milhões de pessoas, com uma densidade média de 12 habitantes por km<sup>2</sup>, Teresina concentra 847.430 desses habitantes (26,31%) nos seus 1.391,981 km<sup>2</sup> de área (0,55%), elevando assim sua densidade populacional para 584,94 habitantes por km<sup>2</sup>, o que supera e muito a média estadual. No caso da Zona Norte da capital – nossa área a ser abordada - esses números vão para 178.755 habitantes, em 98 km<sup>2</sup> de área, com uma densidade populacional de 1.824 hab/km<sup>2</sup> de acordo com o censo 2010 do IBGE.

Em relação ao clima, duas tipologias climáticas ocorrem no estado: A primeira, classificada por Köppen (1900) como tropical quente e úmido (Aw), que domina a maior parte do território variando entre 25° e 27 °C. As chuvas na área de ocorrência deste clima também são variáveis: ao sul, indicam cerca de 700 mm anuais, mas ao norte a pluviosidade aumenta, atingindo índices próximos a 1.200 mm/ano. O segundo tipo de clima predomina na

porção sudeste do estado, sendo classificado como semiárido quente (Bsh) onde as chuvas ocorrem durante o verão, distribuindo-se irregularmente, alcançando índices de 600 mm/ano. Pela baixa pluviosidade, a estação seca é prolongada (oito meses mais ou menos) sendo mais drástica no centro da Serra da Ibiapaba. As temperaturas giram na casa dos 24° a 40 °C, tendo seus invernos secos.

Integrando os fatores climáticos, como a média de temperatura relativamente alta da área em questão e os fatores antrópicos, como as contínuas relações “Crescimento Populacional e Expansão Urbana: diretamente proporcionais; Crescimento Populacional e Cobertura Vegetal: inversamente proporcionais; Expansão Urbana e Cobertura Vegetal: inversamente proporcionais”, chegamos à conclusão de que tais fenômenos provocados pela ocupação humana do território interferem diretamente no aumento da temperatura da localidade.

Para Freitas e Pouey (2002), o processo de urbanização modifica de forma incisiva os ecossistemas, aumentando a temperatura, reduzindo a umidade, além de alterar a composição química da atmosfera, o que acarreta a criação de microclimas, que nem sempre apresentam condições de habitabilidade e sustentabilidade satisfatórias. Os autores referem-se, ainda à vegetação como um dos fatores que pode ser usado para reverter ou minimizar estas consequências.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo selecionada foi a zona norte da capital do Piauí, Teresina, que está localizada nas coordenadas de latitude 5°5'20" sul e longitude de 42°48'07" oeste, na mesorregião do centro-norte piauiense, com altitude aproximada de 72 metros acima do nível do mar (VIANA e VIANA, 2003) (Figura 1).

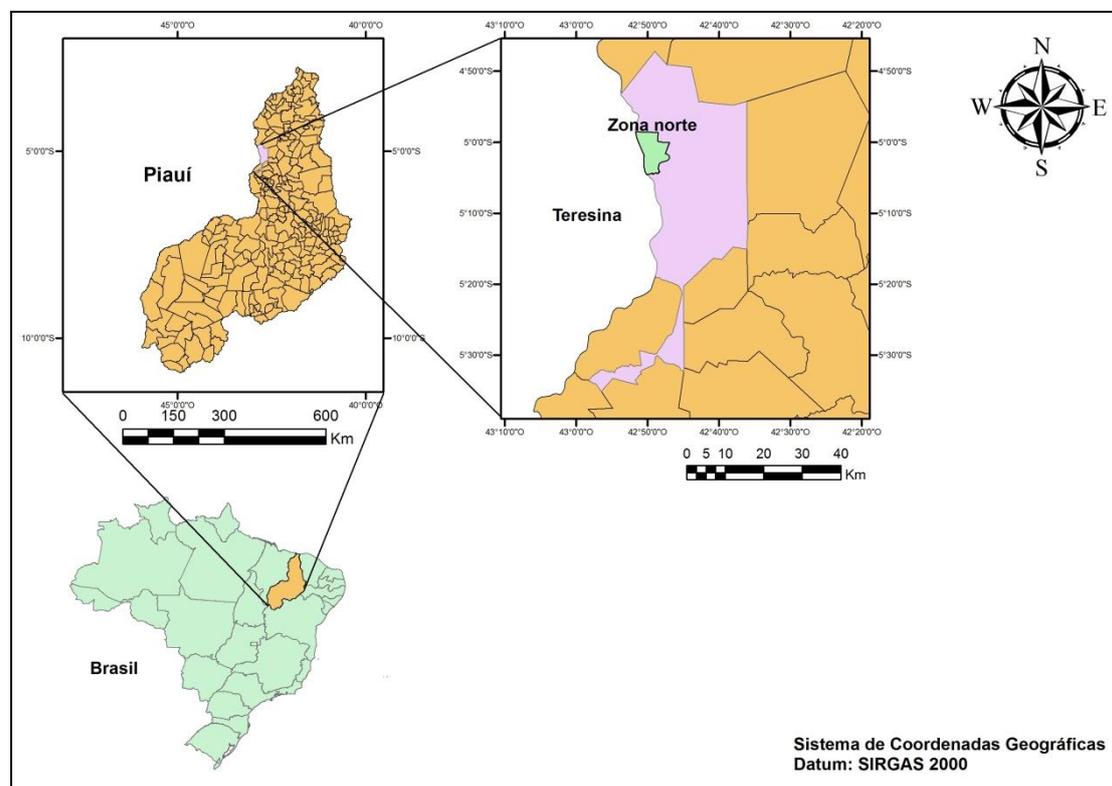


Figura 1. Mapa de localização da zona norte-Teresina/PI.

## 2.2 Método

Para o estudo, foram adquiridas imagens de satélite do município, nos pontos 063, das bandas do Landsat 5 TM, disponíveis no Catálogo de Imagens da Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DGI/INPE). As imagens foram capturadas na data: 20/04/1994 às 09:19h. Também foram utilizadas imagens de satélite do Landsat 8, as quais foram obtidas na data 31/05/2014, às 15:44h, no formato GeoTIFF. As imagens foram obtidas na época que representa o período chuvoso de cada ano. A projeção e datum utilizados foram: UTM/WGS 84, zona 23S, respectivamente, a resolução radiométrica de 16 Bits e o tempo de revisita do satélite é de 16 dias. (USGS, 2013)

Realizou-se o recorte da área de interesse da imagem do ponto 063 do Landsat-5 e 8, por base de um arquivo vetorial no formato *shapefile* da zona norte de Teresina (obtidos através da Superintendência de Desenvolvimento Urbano – Centro/Norte (SDU – Centro/Norte)) utilizando-se o *software* QGIS 2.4.1, bem como para assim executar as demais operações.

Após as imagens terem sido recortadas, criou-se uma imagem gerada a partir do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), aplicando a fórmula na calculadora *raster* do QGIS. Onde a fórmula calculada pelo *software* foi (equação 1):

$$NDVI = \frac{IV - V}{IV + V} \quad (1)$$

Onde:

IV: Banda do Infravermelho próximo;

V: Banda do vermelho.

Conforme essa equação, Rouse et al. (1973) afirma que o resultado final, a partir da imagem gerada pelo NDVI, possui pixels cujo valores são referentes entre -1 e +1. Onde, quanto mais próximo o valor é de -1, menor é o índice de vegetação e mais escuro o pixel, assim quanto mais próximo o valor é de +1 maior é o índice de vegetação e mais claro o pixel.

Posteriormente, realizou-se o estudo do crescimento da urbanização, da zona norte, nos últimos 20 anos. Aplicou-se o método de classificação não supervisionada por pixel *Kmedias*, no *software* Spring 5.2.6, com 20 temas e 15 interações em cada uma das imagens de 1994 e 2014. Esse algoritmo foi usado na composição sintética das bandas correspondentes ao IV médio, IV próximo e Verde. Criaram-se classes temáticas: água, vegetação clara, vegetação escura, vias, nuvens, solo exposto e solo urbano, caracterizando cada classe a uma cor para fins de mapeamento.

Realizou-se ainda o estudo das temperaturas superficiais adotando as bandas termais 6 e 10 do Landsat 5 e 8, respectivamente, utilizando o *software* QGIS 2.4. Aplicou-se a calculadora *raster* do *software* onde foi feito o cálculo da temperatura de superfície, baseado na fórmula de Malaret et. al (1985), utilizada por Tarifa e Armani (2000). O cálculo considera o nível de cinza do ponto e três variáveis preestabelecidas para fornecer a temperatura em graus Kelvin (equação 2). Para resultado em graus Celsius, bastou subtrair o resultado final de 273,15.

$$T = 209,831 + 0,831 (DN) - 0,00133 (DN)^2 \quad (2)$$

DN: corresponde ao nível de cinza da imagem (Digital Number).

Para as imagens do Landsat 8, utilizou-se o *software* ArcGis 10.1, com parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura

Kelvin, fundamentado nas equações 3 e 4 disponibilizadas no Serviço Geológico Americano (USGS), e Tabela 1 e 2. Após isso, a equação 3 foi aplicada com o objetivo de transformar os valores obtidos na equação 1, em temperatura de valor em Kelvin, e em seguida o valor encontrado em Kelvin foi subtraído do valor absoluto (273,15), gerando uma imagem em graus celsius (°C) (Figura 5). A equação geral (equação 5) foi aplicada utilizando a calculadora *raster* do ArcGis 10.1.

$$L_{\lambda} = ML * Q_{cal} + AL \quad (3)$$

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (4)$$

$$TC = \left( \frac{1321.08}{774.89 \cdot \ln\left(\frac{3.3420E - 04 * "banda10.tif" + 0.10000}{L_{\lambda}} + 1\right)} \right) - 273.15 \quad (5)$$

Tabela 1. Parâmetros da equação de conversão dos valores de níveis de cinza para radiância extraídos do metadados da imagem Landsat 8.

<i>Símbolo</i>	<i>Descrição</i>
L $\lambda$	Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/ (m <sup>2</sup> sr $\mu$ m)
ML	Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04
AL	Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000
Q <sub>cal</sub>	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

Tabela 2. Parâmetros utilizados no cálculo da constante de calibração, extraídos do metadados da imagem Landsat 8.

<i>Símbolo</i>	<i>Descrição</i>
T	Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)
K <sub>2</sub>	Constante de calibração 2 = 1.321,08 (K)
K <sub>1</sub>	Constante de calibração 1 = 774.89 (K)
L $\lambda$	Radiância espectral em Watts/ (m <sup>2</sup> sr $\mu$ m)

### 3. Resultados e Discussão

Nas figuras 2 e 3 são apresentados os NDVI da área de estudo para os anos de 1994 e 2014. Na análise do NDVI e da urbanização, verificou-se concentração de desmatamento na região norte e nordeste na imagem, seguida da expansão do solo urbano, nestes vinte anos.

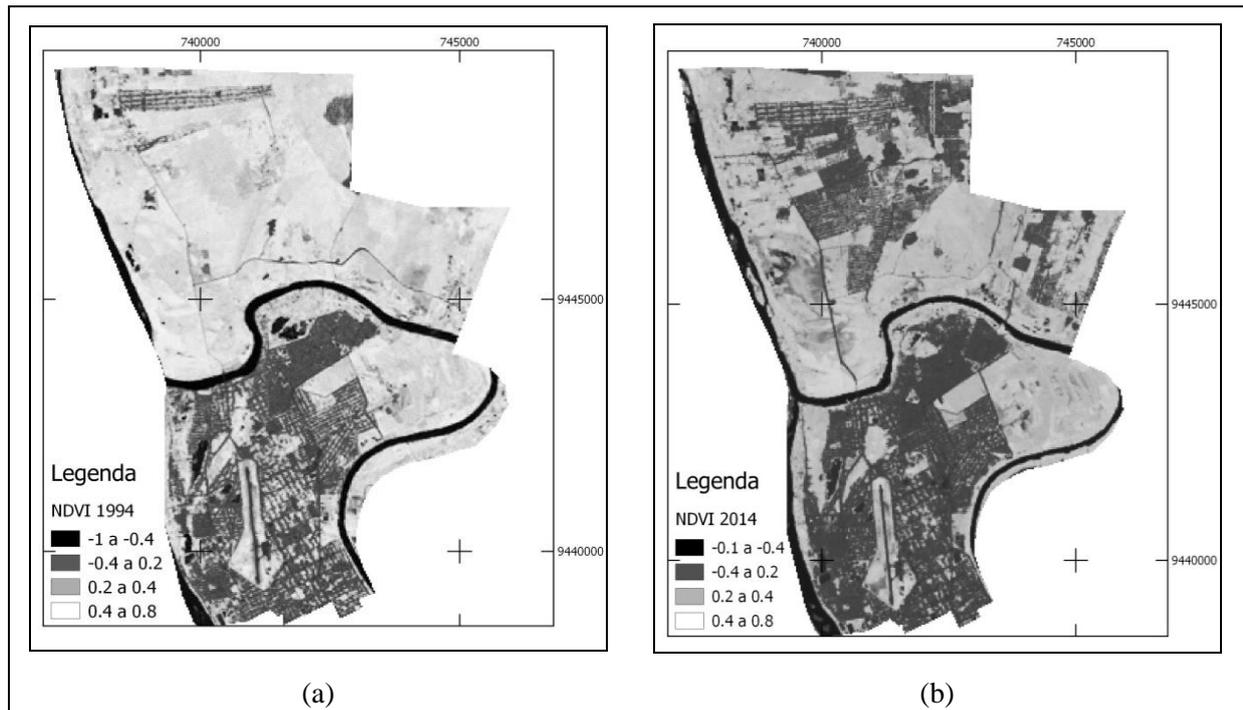


Figura 2. (a) NDVI no ano de 1994, (b) NDVI no ano de 2014.

Por meio da análise das imagens classificadas (Figura 3) pode-se corroborar que houve um aumento significativo da mancha urbana. Isto pode ser comprovado pela ação do governo federal aplicando projetos de construção de conjuntos habitacionais nessa parte da cidade de Teresina. Como uma das consequências, foi observado (Tabela 1) que houve uma diminuição de mais de 12 km<sup>2</sup> de vegetação clara (ou menos densa), paralelamente ao aumento de mais de 8 km<sup>2</sup> de solo urbano e de quase 1 km<sup>2</sup> de vias públicas asfaltadas.

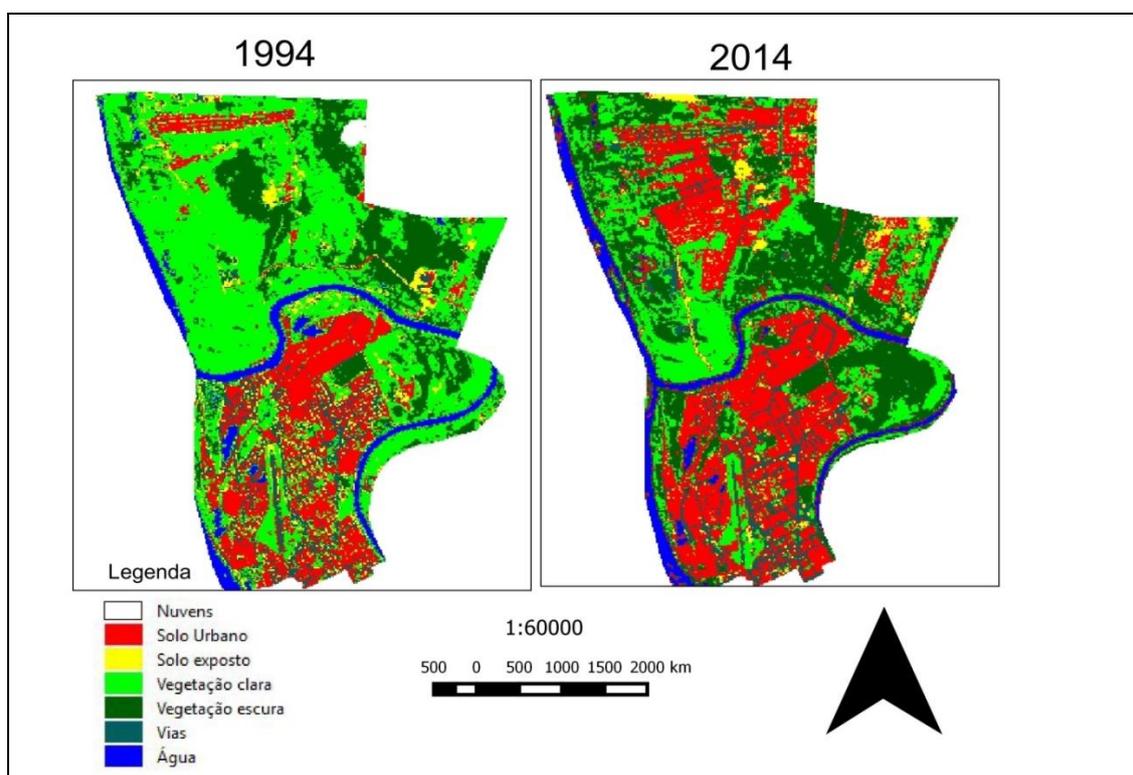


Figura 3. Classificação das imagens, nos anos de 1994 e 2014, zona norte de Teresina.

Tabela 1. Valores de cada tipo de classes classificada, em km<sup>2</sup>, nos anos 1994 e 2014.

<i>CLASSES/ANO</i>	<i>1994</i>	<i>2014</i>	<i>DIFERENÇA (2014-1994)</i>
ÁGUA	3,3570	3,3579	0,0009
VEGETAÇÃO CLARA	26,8704	13,8897	-12,9807
SOLO URBANO	10,4409	19,3320	8,8911
SOLO EXPOSTO	3,6288	2,0142	-1,6146
VEGETAÇÃO ESCURA	11,4219	16,4367	5,0148
NUVENS	0,2538	0	-0,2538
VIAS	4,0878	5,0319	0,9441
ÁREA TOTAL CLASSIFICADA	60,0606	60,0624	0,0018
ÁREA NÃO CLASSIFICADA	38,0358	38,0340	-0,0018
ÁREA TOTAL	98,0964	98,0964	XXXXXXXXXX

Na análise de temperatura de superfície (Figuras 4 e 5) observou-se que a mancha de calor, no ano de 1994 se concentrava no centro da cidade, se expandiu para a região periférica equivalente a região onde houve mais desmatamento e expansão do solo urbano.

Portanto, houve uma clara relação entre os parâmetros estudados, onde aferimos que a mudança da cobertura vegetal, por conta da urbanização, interferiu na temperatura da superfície, nestes vinte anos. Destaca-se a importância da vegetação no controle do aumento da temperatura, e a importância do crescimento ordenado da cidade, com prevenção ao meio ambiente e a aplicação de um modelo de vida sustentável.

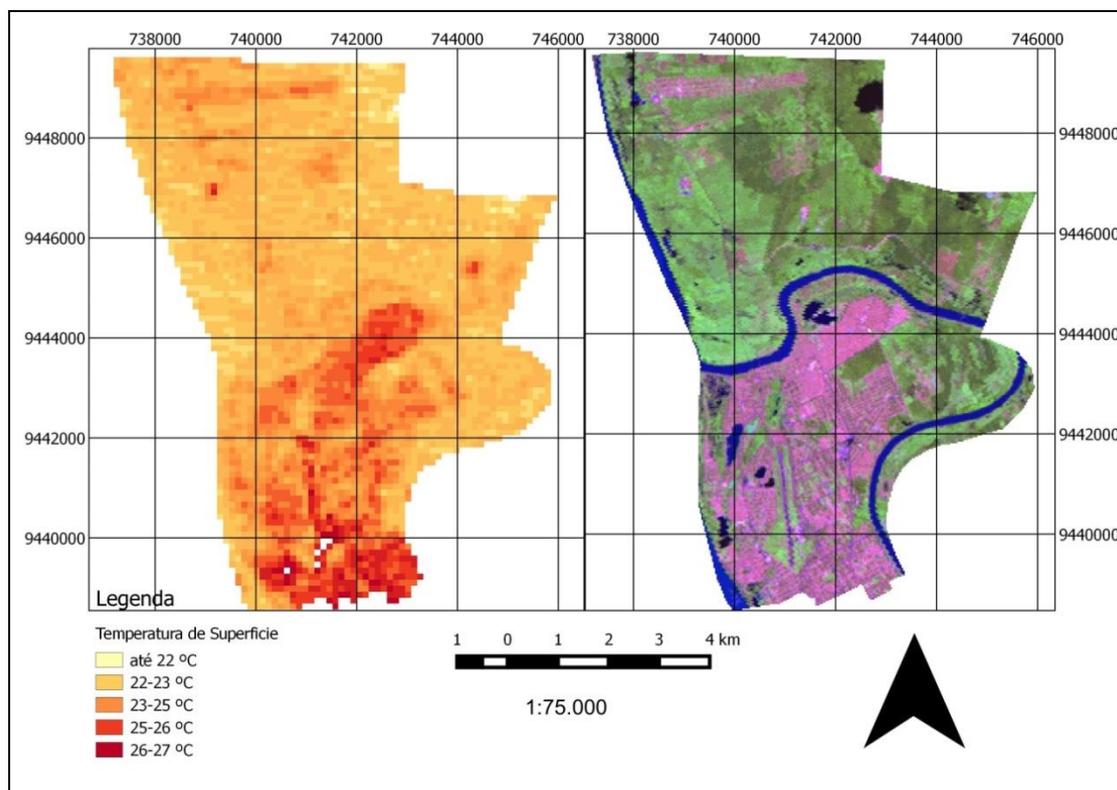


Figura 4. Temperatura de Superfície, na zona norte de Teresina, na data de 22/04/1994.

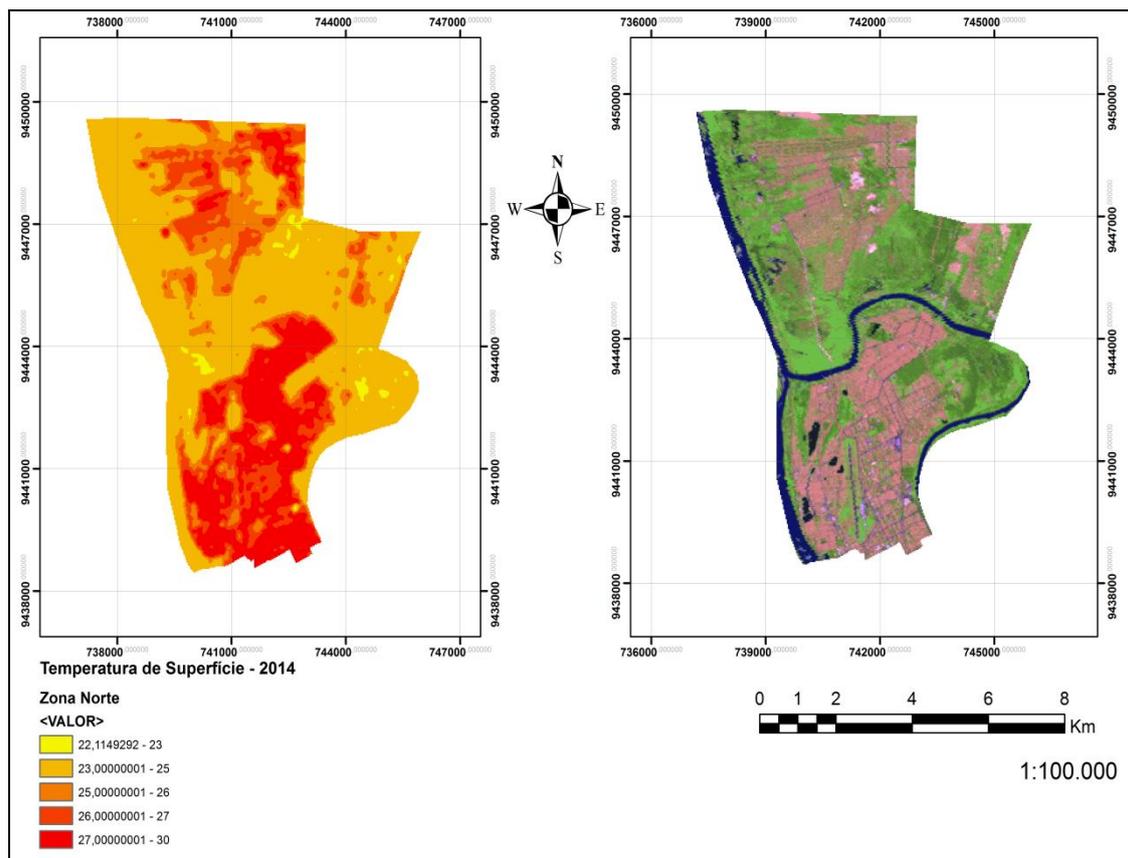


Figura 5. Temperatura de Superfície, na zona norte de Teresina, na data de 31/05/2014.

#### 4. Conclusões

É importante frisar que para um resultado mais preciso da temperatura é necessário avaliar outras fontes de pesquisa além das imagens por satélite.

Na análise da temperatura de superfície, vale ressaltar que o valor desta é diferente da temperatura do ar. Lembra-se também que a resolução do sensor do satélite Landsat 5 é inferior a resolução do Landsat 8, por isso a imagem de 2014 está mais nítida.

#### Referências Bibliográficas

BORGES, G. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO - SEMPLAN/PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA - PMT.

CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN. Disponível em: <[https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica\\_\\_\\_o\\_Clim\\_tica\\_Koppen.pdf](https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica___o_Clim_tica_Koppen.pdf)>. Acesso em 08 de Novembro de 2014.

EARTH EXPLORER. earthexplorer. USGS, 2014. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 20 out. 2014.

FREITAS, R.; POUHEY, M. T. **Arborização**: um indicador de sustentabilidade urbana. In: ENCONTRO NACIONAL DE PAISAGISMO EM ESCOLAS DE ARQUITETURA E URBANISMO NO BRASIL, 6., BARBOSA 2002. Recife, PE. Anais ... Recife: UFPE, 2000. 1 CD.

IBGE CIDADES: TERESINA. Disponível: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pi>>. Acesso em 08 de Novembro de 2014.

IBGE. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/>>. Acesso em: 27.out.2014

INPE. Disponível em: <<http://inpe.dpi.gov.br/>>. Acesso em: 20.10.2014

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, 1973. Proceedings. Washington, 1973, v.1, Sec.A, p. 309-317.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. Unidades climáticas urbanas da cidade de São Paulo. In: SÃO PAULO. PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Atlas ambiental do município de São Paulo – Fase I: “Diagnósticos e bases para a definição de políticas públicas para as áreas verdes no município de São Paulo”. São Paulo: PMSP, 2000. 86p. Disponível em:

<<http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/As%20Unidades%20Clim%20E1ticas%20Urbanas.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2014.

VIANA, S.; VIANA, E. **Teresina Panorâmica**. Teresina Panorâmica, 2003. Disponível em: <<http://www.teresinapanoramica.com>>. Acesso em: 16 outubro 2014.

MALARET, E.; BARTOLUCCI, L.A; LOZANO, D.F.; ANUTA, P. E.; MCGILLEM, C D. Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper data quality analysis. Journals Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 51, n. 9, p. 1407-1416, 1985.