



GEOTECNOLOGIA APLICADA A ANÁLISE DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DO MUNICÍPIO DE TERESINA-PI

M. F. L. O de Sousa¹, D. A. Santos¹, A. P. S. F. Mendes¹, L. F. S. Melo²

¹Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins, Brasil

Comissão V - Gestão Territorial e Cadastro Técnico Multifinalitário

RESUMO

Com a introdução de novos elementos no solo urbano, o crescimento e avanço da mancha urbana, o espaço físico passa por muitas mudanças, alterando as condições naturais, que por fim acaba atingindo e alterando o clima das cidades. O estudo tem como objetivos analisar a temperatura superficial do município de Teresina – PI, classificar o uso e cobertura do solo. Na metodologia foi realizado o manuseio de arquivos vetoriais e matriciais no software privado ArcGis 10.2.2, para confecção dos mapas de temperatura de superfície utilizou-se os sensores termais dos satélites Landsat 5 (referente ao ano de 1995) e Landsat 8 (referente ao ano de 2014) tomando como base as metodologias elaboradas por Coelho e Coelho e Costa, a classificação de uso e ocupação do solo foi gerada no software SPRING 5.3. Os resultados obtidos foram os mapas com as temperaturas de superfície e de uso e ocupação do solo, podendo ser observado o aumento da temperatura em locais onde houve alteração das condições naturais. Diante disso, conclui-se que a utilização das imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 foram satisfatórias para a análise dos resultados.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Sistema de Informação Geográfica, Uso e Ocupação do Solo.

ABSTRACT

With the introduction of new elements in the urban ground, growth and advancement of urban stain, the physical space is going through many changes, changing natural conditions, which finally ends up reaching and changing the climate. The study aims to analyze the surface temperature of the municipality of Teresina-PI, classify the use and soil cover. On the methodology of handling vector files and private software ArcGis 10.2.2 matrix for preparation of maps of surface temperature using thermal sensors of the satellites Landsat 5 (for the year 1995) and Landsat 8 (for the year 2014) based on the methodology developed by Coelho and Coelho and Costa, the classification of soil use and occupation was generated in SPRING 5.3 software. the results obtained were the maps with surface temperatures and soil use and occupation, and may be subject to the increase in temperature in places where natural conditions change. Given this it is concluded that the use of the images of the Landsat 5 and Landsat 8 satellites were satisfactory for the analysis of the results.

Keywords: Remote Sensing, Geographic Information System, Use and Occupation of the Soil.

1- INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades, conjuntamente ao das populações urbanas, introduz novos elementos físicos e químicos na atmosfera, alterando as condições naturais precedentes (Lima et al., 2012).

Para (Nascimento e Barros, 2009) a intensa expansão demográfica que se desenvolveu nos últimos

200 anos, impulsionada pelos avanços da tecnologia agrícola, industrial e medicinal, resultou num forte processo de crescimento urbano que tem desencadeado sérios problemas ambientais, dentre eles, há a alteração do clima local – clima urbano – como um importante reflexo do impacto da ocupação e da atividade antrópica sobre o meio ambiente.

(Costa et al., 2010) complementa que as mudanças na superfície terrestre, como a urbanização, que tem como efeito a substituição de superfícies naturais por edificações, ruas e avenidas, têm aumentado significativamente a impermeabilização dos solos e a irradiação de calor para a atmosfera.

Amorim (2000 apud Delgado et al, 2012) ainda afirma que o processo intenso de urbanização altera o balanço de radiação e o hídrico da superfície devido à substituição dos materiais naturais pelos materiais urbanos e cria condições climáticas diferenciadas da encontrada ao seu redor, caracterizando o clima urbano.

(Barbosa e Vecchia, 2009) apontam que no Brasil, a ocorrência de crescimento demográfico em áreas urbanas é agravada, sobretudo, pela falta de planejamento, fato que compromete a qualidade ambiental em nossas cidades e resulta em impactos podendo ser citado a modificação das condições iniciais do clima por meio da alteração do balanço energético no sistema superfície-atmosfera, em escala mesoclimática. A alteração na cobertura natural do solo e o incremento de massa edificada, dentre outros fatores, criam um clima peculiar denominado “clima urbano”.

Esses fatores também são apontados por (Ayoade, 2011) ao dizer que o clima urbano é influenciado por meio da urbanização e industrialização, derrubada de árvores, atividades agrícolas, drenagem e construção de lagos artificial, dentre outros.

(Delgado et al., 2012) ainda afirma que o processo de urbanização, a remoção da cobertura verde e sua substituição por áreas construídas elevam o índice de albedo e, conseqüentemente, a superfície do solo passa a reter menos quantidade de energia, aumentando a refletância. Sabe-se que, quanto mais elevado é o volume de energia armazenado, maior é o equilíbrio térmico.

Segundo (Costa et al, 2010) as áreas urbanas apresentam características estruturais que tornam complexa a identificação dos seus problemas, pois não apresentam continuidade ou homogeneidade. São áreas formadas por diversos materiais que refletem ou irradiam a energia eletromagnética de maneiras diversas, apresentando grande amplitude espectral e altas frequências espaciais dificilmente separáveis.

(Nascimento e Barros, 2009) corroboram que no clima urbano, é possível constatar diferenças nos elementos climáticos, conforme a influência da cobertura do solo, no que diz respeito à alteração no fluxo de matéria e energia sobre a atmosfera local, salientando que o comportamento espacial simultâneo da temperatura se revela o mais importante elemento nesse complexo sistema, tendo como principal produto o fenômeno das ilhas de calor.

Uma das maneiras de investigar o clima, suas interações e alterações em uma região são utilizando-se as técnicas aplicadas ao Sensoriamento Remoto juntamente com o Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Segundo (Delgado et al, 2012) a utilização de novas tecnologias como, por exemplo, imagens de

satélite, podem subsidiar pesquisas que permitem não somente um conhecimento do evento, mas também possibilitar a geração de dados e informações dinâmicos do clima urbano, destacando que as alterações do ambiente são decorrentes das atividades humanas, sendo o resultado da correlação entre a sociedade e a natureza na cidade.

Diante disso o estudo tem como objetivo uma análise espaço-temporal das temperaturas de superfície ocasionada pela expansão urbana no município de Teresina – PI, nos anos de 1995 e 2014, com suas respectivas temperaturas em Celsius, apresentar as fórmulas de coeficiente de calibração radiométrica para obtenção de temperaturas em Celsius da faixa do infravermelho termal dos satélites Landsat 5 e 8, analisar a temperatura superficial do município de Teresina, classificar o uso e cobertura do solo e produzir material de apoio para a tomada de decisões e a comunidade científica.

2- METODOLOGIA

2.1 - Área de estudo

Teresina é uma cidade que tem passado pela expansão de sua mancha urbana, com a criação de novos bairros e o aumento populacional, pois esses são agentes que contribuem para a alteração do clima de uma região.

O município está localizado entre 5°05'12" L.S. e 42°48'42" W.Gr. (Teresina, 2001), conforme a Figura 1, possui uma população estimada de 840.600 habitantes (SEMPPLAN, 2014), área de chapada, apresenta relevo plano com suaves ondulações, predomínio de vegetação típica de Cerrado representada por uma cobertura vegetal de médio porte e densa, clima tropical (SEMDEC, 2010).

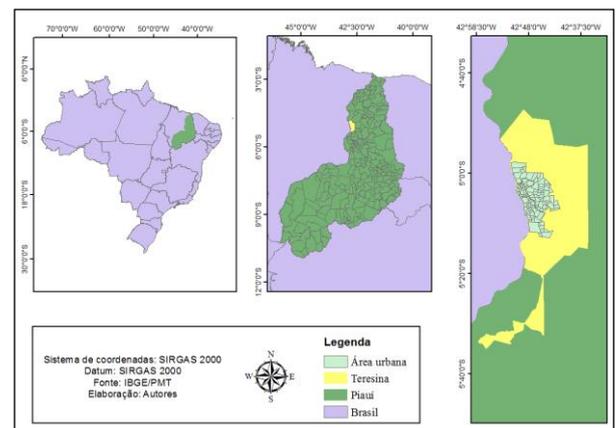


Fig. 1 - Mapa de localização. Fonte: Autores (2016).

2.1 - Materiais e métodos

Para alcançar os objetivos propostos dividiu-se a metodologia em cinco etapas, sendo a primeira a aquisição dos arquivos matriciais; a segunda, a aquisição dos arquivos vetoriais; a terceira, o processamento e tratamento das imagens orbitais; a

quarta, a elaboração dos mapas; a quinta, a análise dos resultados obtidos.

Primeiramente foram obtidos os arquivos matriciais gratuito do satélite Landsat5 sensor ThematicMapper (TM) (Órbita 219, ponto 64, com data de passagem 15/08/1995 e horário central 12:02 h) bandas 1, 2, 3 e 6, sendo a banda 6 a infravermelho termal (faixa espectral de 10,4 a 12,5 µm - micrômetro) com resolução espacial de 120 x 120m por meio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2015) e a aquisição de imagem orbital digital gratuita, do satélite Landsat-8, banda 10, correspondente a faixa do infravermelho termal (10.6 - 11.19 µm - micrômetro), com resolução espacial de 30 metros no Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS, 2015), sensor TIRS (ThermalInfrared Sensor), órbita 219, ponto 64, com data de passagem 19/08/2014 e horário central 12:59 h.

Os arquivos vetoriais foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), dentre eles: limite municipal, área urbana, bairros, entre outros.

Para a geração da temperatura de superfície, foram utilizados os métodos de (Coelho, 2013) e (Coelho e Correa, 2013) nas bandas do infravermelho termal dos satélites Landsat-5 e Landsat-8, que são baseadas nas equações e parâmetros:

2.1.1 - Landsat 5

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{max\lambda} - L_{min}}{QCALMAX - QCALMIN} \right) * (QCAL - QCALMIN) + L_{min} \quad (1)$$

TABELA 1- ELEMENTOS DA FÓRMULA POR CONVERSÃO PARA RADIANCIA

Símbolo	Descrição
L_{λ}	Radiância espectral em sensor de abertura em Watts
QCAL	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN.
$L_{min\lambda}$	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMIN em Watts = 0.000.
$L_{Max\lambda}$	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMAX = 17.040.
QCALMIN	O mínimo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a L_{min}), em DN = 1
QCALMAX	Máximo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a L_{Max}) no DN = 255

Fonte: Coelho (2013)

Após a transformação dos valores em radiancia aplica-se a segunda equação (2) para a obtenção dos

valores em kelvin.

$$T = \frac{K_2}{L_n\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (2)$$

Onde:

T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin;

K2 = Constante de calibração = 1.260,56;

K1 = Constante de calibração = 607,76;

L_{λ} = Radiância espectral em Watts / (metros quadrados).

Após este procedimento, os valores de temperatura Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto (273,15), gerando o raster de temperatura de superfície em graus Celsius (°C).

2.1.2 - Landsat 8

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

TABELA 2- ELEMENTOS DA FÓRMULA POR CONVERSÃO PARA RADIANCIA

Símbolo	Descrição
L_{λ}	Radiância espectral em sensor de abertura em Watts
ML	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN.
AL	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMIN em Watts = 0.000.
Qcal	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMAX = 17.040.

Fonte: Coelho e Correa (2013)

Após a transformação dos valores em radiancia aplica-se a segunda equação (4) para a obtenção dos valores em kelvin.

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

Onde:

T = Temperatura efetiva do satélite em Kelvin (K)

K2 = Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)

K1 = Constante de calibração 1 = 774.89 (K)

L_{λ} = Radiância espectral em Watts / (m² srµm)

Após este procedimento, os valores de temperatura Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto (273,15), gerando o raster de temperatura de superfície em graus Celsius (°C).

O tratamento, processamento, visualização dos arquivos matriciais e vetoriais, confecções de mapas, foram realizados no software privado ArcGis 10.2.2 ESRI, disponibilizado pelo Instituto Federal do Piauí, configurado o projeto no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS 2000, Zona 23 Sul. A segmentação e classificação da imagem orbital foi realizado no

software Spring 5.3. Foi realizada a classificação supervisionada pixel a pixel por meio do método de Máxima Verossimilhança.

3- RESULTADOS

Com as imagens pôde-se perceber que no ano de 1995 as temperaturas mínimas e máximas foram de respectivamente, 22 °C e 36 °C, sendo perceptível de acordo com o mapa termal da área urbana de Teresina (Figura 2) as temperaturas mais baixas em áreas onde há predomínio de vegetação e em áreas de edificações são notadas as áreas com maiores temperaturas variando de 30,1 °C a 36,0 °C.

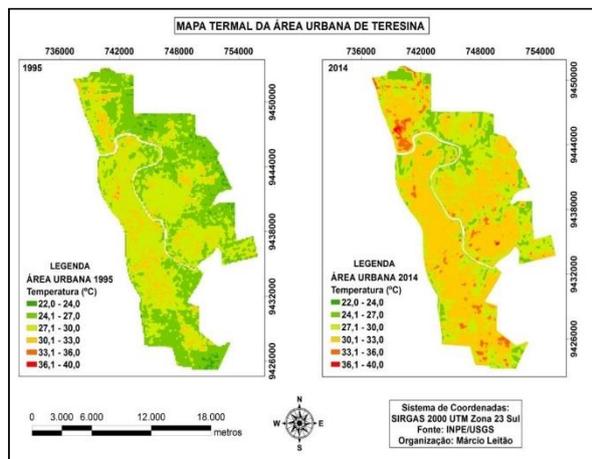


Fig. 2 – Mapa termal da área urbana de Teresina. Fonte: Autores (2015).

O ano de 2014 apresentou um resultado semelhante ao de 1995, onde foram registradas as mínimas e máximas variando entre 24,1 °C e 40 °C, com registro mais baixos em áreas com cobertura vegetal e registros mais altos em áreas com edificações. Cabe ressaltar ainda que mesmo com as temperaturas médias terem sido semelhantes, a intensidade de calor aumentou consideravelmente ao longo do perímetro urbano. Observou-se por meio das análises feitas, via imagem (Figuras 2 e 3), que houve um aumento das temperaturas no decorrer dos anos, juntamente com o crescimento do limite urbano, diminuição da cobertura vegetal e a perda de corpos hídricos, fatores apontados por (Lima et al., 2012) e (Ayoade, 2011) como contribuintes para a alteração do clima urbano. As áreas encontram-se indicadas na tabela 3 abaixo.

TABELA 3- ÁREA DAS CLASSES

Variáveis	1995	2014
Água	3870000 m ²	3805598 m ²
Edificação	94123800 m ²	138213000 m ²
Vegetação	144953100 m ²	100245600 m ²

Fonte: Autores (2015)

Os resultados obtidos de acordo com a imagem

(Figura 3) demonstram que houve uma expansão da mancha urbana de 44.089.200 m², a diminuição da vegetação em 44.707.500 m² e a diminuição da água superficial em 64.402 m².

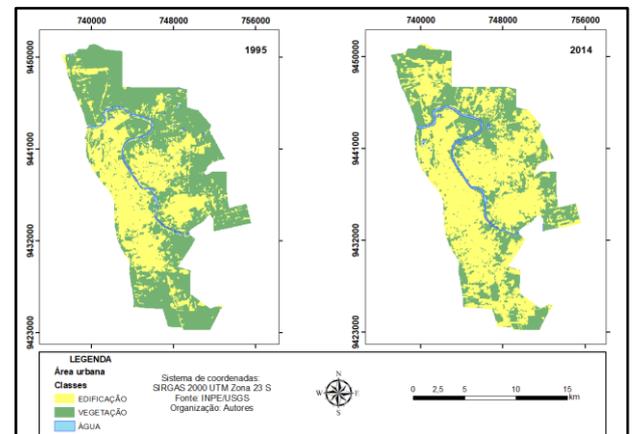


Fig. 3 – Mapa de uso e ocupação da área urbana de Teresina. Fonte: Autores (2015).

4- CONCLUSÕES

O mapeamento da temperatura de superfície utilizando as imagens do satélite Landsat 5 e 8 mostrou ser bastante eficiente, uma vez que elas são imagens de fácil aquisição, juntamente com os métodos de conversão do valor do pixel em valores de temperaturas em Celsius.

A metodologia empregada permitiu avaliar o comportamento da temperatura de superfície para ambas as datas das imagens, e com os resultados encontrados conclui-se que houve variação na temperatura para os anos de 1995 e 2014, principalmente nas zonas norte, sul e sudeste da cidade, locais onde ocorreu a expansão da mancha urbana e a diminuição da área de vegetação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYOADE, J. O., 2011, Introdução à Climatologia para os Trópicos, Bertrand, Rio de Janeiro, 332 páginas.
- BARBOSA, R. V. R. e F. A. da S.VECCHIA, 2009. Estudos de ilha de calor urbana por meio de imagens do Landsat 7 ETM+: estudo de caso em São Carlos (SP). Revista Minerva, Vol. 6, pp. 273 – 278.
- COELHO, N. L. A., 2013. Distribuição das classes de temperatura de superfície a partir da faixa do infravermelho termal do sensor TM/Landsat-5 no município de Vitória (ES). Em XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Vol. XVI, Foz do Iguaçu – PR, Brasil, 2013, pp. 826 – 833.
- COELHO, N.L.A e C. S. W. CORREA, 2013. Temperatura de Superfície Celcius do Sensor

TIRS/LandSat – 8. Revista Geográfica Acadêmica, online, Vol.7, pp. 31 – 45.

COSTA, D. F.; H. R. SILVA; L. F. PERES, 2010. Identificação de ilhas de calor na área urbana de ilha Solteira - SP através da utilização de geotecnologias. Engenharia Agrícola (Impresso), Vol. 30, pp. 974 – 985.

DELGADO, R. C.; R. A. RODRIGUES, ; C. S. PESSÔA; M. DAHER, 2012. Uso do sensoriamento remoto na estimativa dos efeitos de ilhas de calor. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, Vol. 25, pp. 69 – 80.

FITZ, P.R., 2008. Geoprocessamento Sem Complicação. Oficina de Texto, São Paulo, 160 páginas.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. Catálogo de imagens TM/Landsat – 5, órbita 219, ponto 64 com data de passagem 15/08/1995 e horário central 12:02 h. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>.

LIMA, N. R.; G. M. PINHEIRO; F. MENDONÇA, 2012. Clima urbano no Brasil: Análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Revista Geonorte, edição especial 2, Vol. 2, N°5, pp. 626 – 638.

NASCIMENTO, D. T. F. e J. R. BARROS, 2009. Identificação de ilhas de calor por meio de sensoriamento remoto: estudo de caso no município de

Goiânia - GO/2001. Boletim goiano de geografia, Vol. 29, pp. 119 – 134.

SEMDEC – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Turismo, 2010. Perfil de Teresina: Econômico, Social, Físico e Demográfico. Teresina – PI. Disponível em: <<http://www.teresina.pi.gov.br/portalpmt/orgao/SEMDEC/doc/20100427-336-1417-D.pdf>>.

SEMPPLAN – Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação, 2014. Dinâmica Populacional. Teresina – PI. Disponível em: <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/TERESINA-POPULA%C3%87%C3%83O.pdf>>.

TERESINA. Prefeitura Municipal de Teresina, 2001. Teresina Agenda 2015: Plano de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<http://www.teresina.pi.gov.br/portalpmt/orgao/SEMPPLAN/doc/20080924-160-591-D.pdf>>.

USGS – United State Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano, 2015. Imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat – 8, órbita 219, ponto 64, com data de passagem 19/08/2014 e horário central 12:59 h. EUA. disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>.