

## **Obtenção da temperatura de superfície de Ilha Solteira – SP, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto**

*Obtainment of Ilha Solteira - SP surface temperature using Remote Sensing techniques*

*Obtención de la temperatura superficial de Ilha Solteira – SP, utilizando técnicas de Percepción Remota*

### **Cristhy Willy da Silva Romero**

Professor Mestre, FEA, Brasil  
cr\_willy@hotmail.com

### **Artur Pantoja Marques**

Professor Doutor, UNESP FEIS, Brasil.  
artur@dec.feis.unesp.br

### **Iago Ambrósio Moschetto**

Graduando, UNESP FEIS, Brasil.  
ambrosioiago@gmail.com

**RESUMO**

Devido ao processo de urbanização, constantemente o meio ambiente vem sofrendo impactos, principalmente com a retirada do material natural para a substituição por material artificial, consequentemente aumentando a temperatura local, oferecendo riscos à saúde da população e gerando o desconforto térmico. O objetivo deste trabalho foi estudar a temperatura de superfície da área urbana de Ilha Solteira - SP, associada ao uso e ocupação do solo. Para a realização deste trabalho foi utilizada imagem de satélite captada na região do infravermelho termal (TIRS/ Landsat-8) e programas de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) no processamento destas imagens para determinar a temperatura de superfície. A área diagnosticada com temperatura mais alta foi analisada o uso e ocupação do solo, com visita no local, diagnosticando o tipo de pavimentação, materiais de construções empregados e o padrão arquitetônico das residências. A disposição das residências e as diferentes classes de uso e ocupação do solo influenciaram diretamente na temperatura de superfície, onde foi constatado a pavimentação asfáltica e telhado cerâmico como principais influenciadores no aumento da temperatura.

**PALAVRAS-CHAVE:** LandSat-8. SIG. Geotecnologias.

**ABSTRACT**

Due to the urbanization process, the environment has been constantly suffering impacts, mainly by the natural material removal to be replaced by an artificial material, consequently rising local temperature, offering risks to the population health and creating thermal discomfort. This work's goal was to study the surface temperature of the urban zone of Ilha Solteira - SP, combined with the soil usage and occupation. To execute this work satellite's images captured in the thermal infrared region (TIRS/ Landsat-8) and Geographic Information Systems (GISs) programs were used in the processing of these images to determine the surface temperature. The area diagnosed with the highest temperature was analyzed the soil usage and occupation, with visit to the local, diagnosing the type of pavement, construction materials used and the house's architectural pattern. The houses' arrangement and the different ranges of soil usage and occupation directly affected the surface temperature, in which were verified the asphalt paving and the ceramic ceiling as main causers of higher temperatures.

**KEYWORDS:** LandSat-8. GIS. Geotechnologies.

**RESUMEN**

Debido al proceso de urbanización, constantemente el medio ambiente viene sufriendo impactos, principalmente con la retirada del material natural para la sustitución por material artificial, consecuentemente aumentando la temperatura local, ofreciendo riesgos a la salud de la población y generando la incomodidad térmica. El objetivo de este trabajo fue estudiar la temperatura de superficie del área urbana de Ilha Solteira - SP, asociada al uso y ocupación del suelo. Para la realización de este trabajo se utilizó una imagen de satélite captada en la región del infrarrojo termal (TIRS / Landsat-8) y programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el procesamiento de estas imágenes para determinar la temperatura de superficie. La área diagnosticada con temperatura más alta fue analizada el uso y ocupación del suelo, con visita en el local, diagnosticando el tipo de pavimentación, materiales de construcción empleados y el patrón arquitectónico de las residencias. La disposición de las residencias y las diferentes clases de uso y ocupación del suelo influenciaron directamente en la temperatura de superficie, donde se constató la pavimentación asfáltica y tejado cerámico como principales influyentes en el aumento de la temperatura.

**PALABRAS-CLAVE:** LandSat-8. SIG. Geotecnologias.

## INTRODUÇÃO

As mudanças no uso e ocupação do solo são um dos grandes causadores de diferentes impactos ambientais de ordem social e/ou econômicas. Entre esses impactos destaca-se a alteração da temperatura superficial, devido a sua influência no equilíbrio e distribuição da energia à superfície. Configurando, assim interferência no solo, vegetação e na paisagem local (PEREIRA et al., 2016).

LIMA (2016) afirma que, o crescimento das cidades, conjuntamente ao das populações urbanas, introduz novos elementos físicos e químicos na atmosfera, alterando as condições naturais precedentes e originando o clima urbano. O clima das cidades são os mais afetados por anomalias climáticas. (SANTANA, 2014).

Dentre os principais impactos causados pela urbanização, destacam-se a diminuição e áreas verdes, que são substituídas por materiais sintéticos (principalmente asfalto e concreto) utilizados nas construções e na pavimentação (HU & JIA, 2010).

O aumento da temperatura em áreas urbanas causa vários impactos negativos, pois afetam muitas pessoas de várias maneiras, não causando apenas pequenos desconfortos adicionais; suas temperaturas mais elevadas, a falta de sombra e seu papel no aumento da poluição do ar, têm sérios efeitos sobre a mortalidade e saúde da população (GARTLAND, 2010).

Com a utilização da geotecnologia é possível adquirir conhecimentos sobre a realidade urbana, e acompanhamento de suas áreas, possibilitando estudos e possíveis tomadas de decisões com bases em informações locais, obtidas espacialmente.

As metodologias para o sensoriamento remoto (SR) permitem a caracterização das propriedades físico-químicas de alvos naturais, através da detecção, registro e análise de fluxo de energia radiante. (ROSA, 2003).

CORRÊA et al. (2016), afirmam que os avanços tecnológicos do sensoriamento remoto contribuíram para o aprimoramento dos estudos do fenômeno denominado ilha de calor, devido a melhorias consideráveis na resolução espacial, espectral e temporal dos dados.

Nas últimas décadas, o sensoriamento remoto aplicado em estudos de clima urbano vem destacando-se, pois, além de possuir alta resolução espacial e oferecer visões de diferentes escalas, permite a utilização de dados espectrais localizados na região do infravermelho termal dentro da janela atmosférica. Isto faz com que os sensores que operem nesta região possam ter seus dados convertidos, após sofrerem correção dos efeitos atmosféricos e da superfície (emissividade), em temperatura da superfície (COSTA et al., 2010), considerado um parâmetro de importância fundamental para o estudo da climatologia urbana (VOOGT & OKE, 2003).

De acordo com EL-MAGD & ZANATY (2016), com os avanços dos sensores de sensoriamento remoto, permitiu-se a obtenção da temperatura de superfície através dessas técnicas.

A utilização de dados de sensoriamento remoto captados na região do infravermelho termal permite a realização de estudos do comportamento térmico das diferentes tipologias de

cobertura do solo pelo fornecimento de informações relativas à temperatura aparente da superfície (*Land Surface Temperature – LST*) (BARBOSA & VECCHIA, 2009).

PEREIRA et al. (2016), afirmam que há diferença na temperatura de superfície em áreas com diferentes usos e cobertura vegetal, ou seja, o uso e ocupação do solo promove diferenças na temperatura de superfície de um local.

A temperatura de superfície diz respeito ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do corpo, sendo de suma importância para o entendimento das interações entre a superfície terrestre e a atmosfera. A melhor faixa que permite uma maior transmissão da energia emitida da Terra que alcança o sensor na região do infravermelho termal do espectro eletromagnético é o intervalo de 8,0 a 14,0  $\mu\text{m}$  (STEINKE et al, 2010).

De acordo com COELHO & CORREA (2013), a obtenção de informações de temperatura da superfície do canal infravermelho termal do sensor TIRS/Landsat 8, banda 10, com utilização da geotecnologia, contribuem na identificação, espacialização e na compreensão da dinâmica climática de microclimas locais.

Para o estudo e estimativa da temperatura aparente da superfície a região do infravermelho utilizada é o termal, pois trata-se de um intervalo que consegue detectar a concentração de fluxo radiante de um material, proveniente das vibrações moleculares decorrente da temperatura radiante dos corpos (MASHIKI, 2012).

O sensoriamento remoto térmico tem sido usado em áreas urbanas para avaliar a ilha de calor urbano, assim como realizar classificações de coberturas do solo e como entrada para modelos de superfície de troca atmosférica urbana (ROCHA et al., 2013).

## **OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho, foi utilizar o sensoriamento remoto para a obtenção da temperatura de superfície na área urbana do município de Ilha Solteira-SP, verificando a relação de uso e ocupação do solo com as áreas identificadas com maior temperatura.

## **METODOLOGIA**

### **Área de estudo**

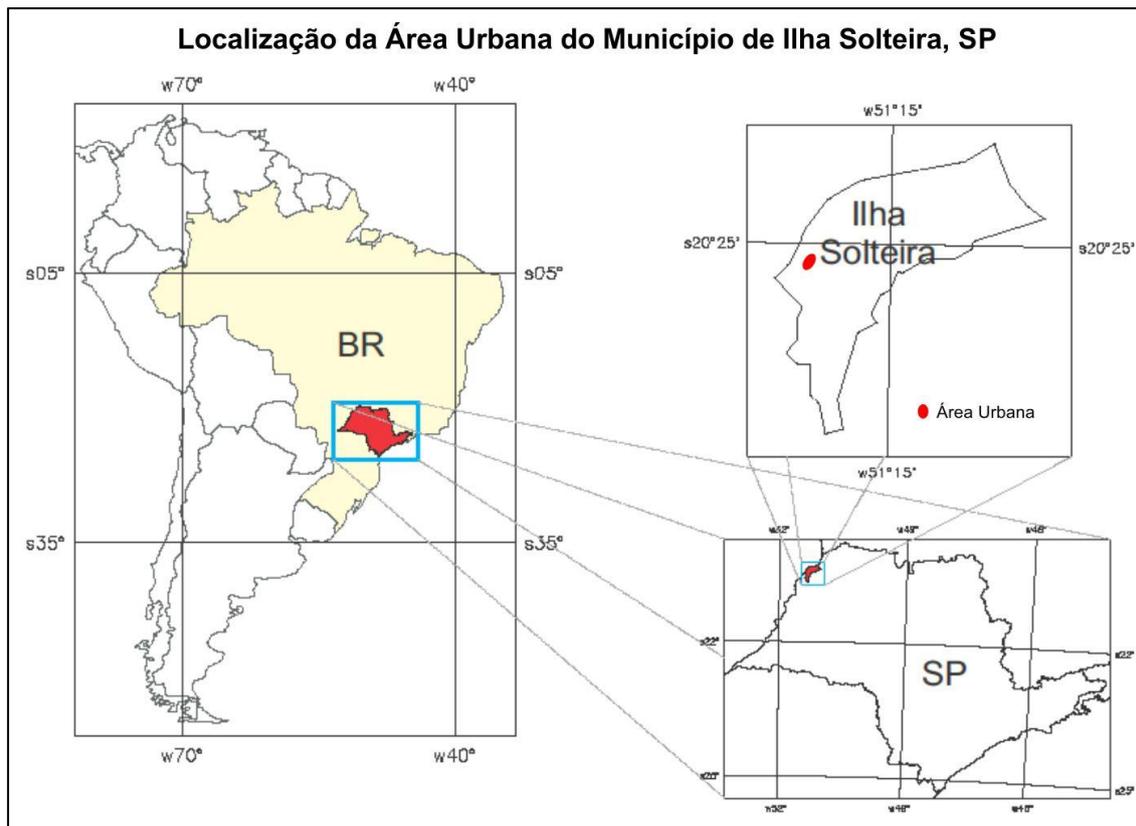
O município de Ilha Solteira está localizado a noroeste do Estado de São Paulo, na posição mais estratégica da Hidrovia Tietê-Paraná, apresentando área total de 661,3  $\text{Km}^2$  (Figura 1). Desse total, 5,82  $\text{km}^2$  compõem a área urbana (MIRANDA et al., 2005; SILVA et al., 2006).

De acordo com o Sistema Internacional de Köppen, o clima desta região é o tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno (Aw). As temperaturas médias mensais variam entre 21,5 °C (julho) e 26,4 °C (dezembro), e as precipitações médias mensais variam de 20 mm (julho) a 225 mm (janeiro). O período de excedente hídrico estende-se de janeiro a

fevereiro, e o de deficiência hídrica, de março a dezembro. A velocidade média do vento é classificada como fraca, e a sua direção predominante é E-SE (HERNANDEZ, 2007).

O relevo da área de estudo é o colinoso, com predomínio de colinas amplas e médias (SÃO PAULO, 1981). Mais de 80% da área urbana apresenta declividades que variam de 0 a 5%, e as classes de orientações de vertentes que predominam são as sul-oeste (SW) e oeste (W) (SANTOS, 2005). O solo presente na área de estudo é do tipo Latossolo Vermelho distrófico A moderado de textura argilosa, de relevo plano e suave ondulado (LV39) (EMBRAPA, 1999).

Figura 1. Localização da área urbana de Ilha Solteira – SP



## Metodologia

Para a execução deste trabalho, foi realizado um levantamento de imagens orbitais gratuitas, disponíveis em United States Geological Survey (USGS), através do satélite Landsat 8, sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor). A imagem utilizada foi de 03/05/2017, orbita/ponto 222/073, livre de cobertura de nuvem.

Para a obtenção de melhores resultados no estudo de uso e ocupação do solo da área urbana de Ilha Solteira, utilizou-se uma imagem do Satélite Pleiades, com alta resolução espacial, 0,50m, através do programa Google Earth.

O limite da área urbana foi obtido por meio da planta com as vias de acesso da cidade de Ilha

Solteira, em formato digital, cedida pela Prefeitura Municipal de Ilha Solteira, posteriormente realizou-se algumas correções vetoriais, corrigindo o seu posicionamento, com base na imagem Pleiades que possui alta resolução espacial, e com utilização do software AutoCAD, versão Student.

Com utilização do programa QGIS de Sistema de Informação Geográfica (SIG), foi gerada a imagem de temperatura de superfície ( $T_s$ ), onde, utilizou-se a banda 10 (termal), do satélite Landsat-8, sensor TIRS, que apresenta a resolução espacial de 30 metros.

Para a geração da imagem de temperatura, foi utilizada a ferramenta calculadora raster, ferramenta implementada no SIG, inserindo a Equação 1, proposta pelo USGS (2017) onde, com base nos metadados contidos no conjunto de imagem, realizou-se a conversão de níveis de cinza para radiância:

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

onde:

$L_{\lambda}$  = Radiância Espectral no topo da atmosfera em Watts/(m<sup>2</sup>\*sr\*μm)

$M_L$  = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 (3.3420E-04)

$Q_{cal}$  = Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN (banda 10)

$A_L$  = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 (0.10000)

Após gerada a imagem de radiância, converteu-se este resultado para imagem de temperatura superfície ( $T_s$ ), porém a imagem resultante desta conversão apresenta seus dados em temperatura Kelvin, de acordo com Coelho e Correa (2013), há a necessidade de implementação na Equação 2, proposta por USGS (2017), subtraindo 273,15 de seu resultado, para a obtenção de imagem de temperatura em grau Celsius, assim:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} - 273,15 \quad (2)$$

Onde:

$T_s$  = Temperatura de superfície, em grau Celsius (°C)

$K_1$  = Constante de calibração 1 (774.89)

$K_2$  = Constante de calibração 2 (1321.08)

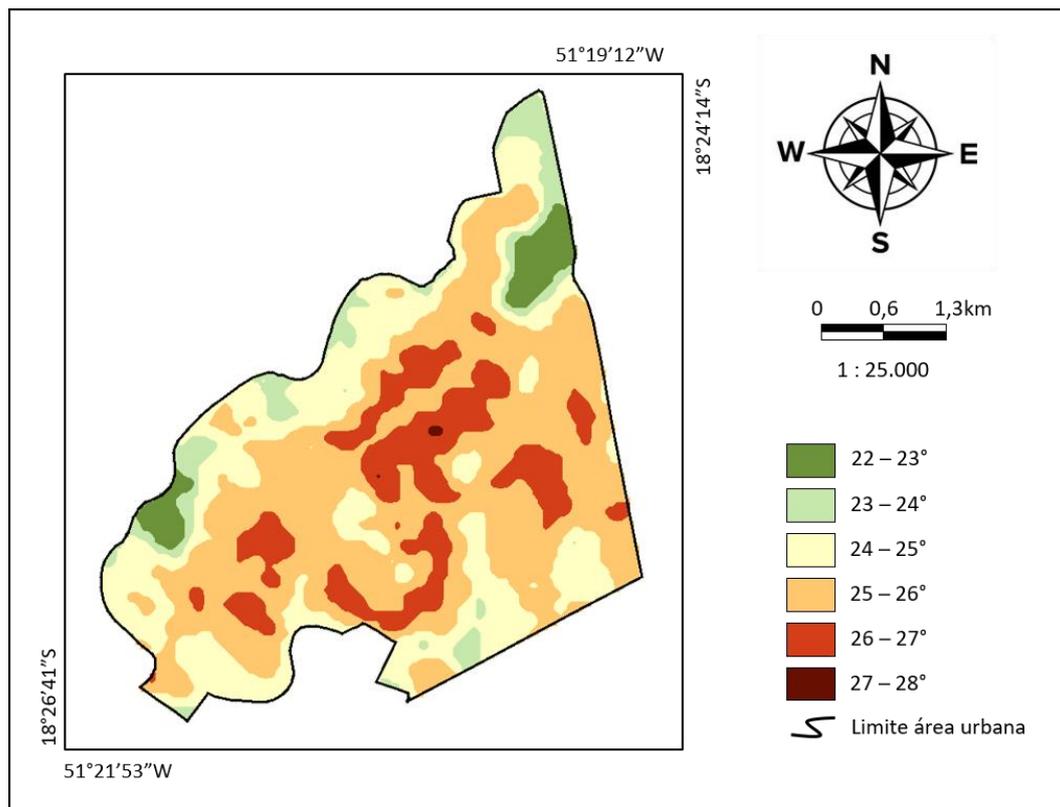
$L_{\lambda}$  = Radiância espectral em Watts/(m<sup>2</sup>\*sr\*μm)

Posteriormente a geração da imagem de temperatura de superfície, realizou-se o fatiamento de classes (valores de temperatura), através do programa SPRING/INPE, onde cada classe foi definida com 1°C.

## RESULTADOS

De acordo com os dados de temperatura de superfície obtidos pela imagem de 03/05/2017, foi constatado uma amplitude térmica de 6°C (22 a 28°C) na área urbana de Ilha Solteira (Figura 2).

Figura 2. Mapa da temperatura de superfície da área urbana de Ilha Solteira - SP



Na data analisada não houve precipitação dentro da área de estudo, e o vento com uma velocidade média de 5 km/h, considerado fraco, de acordo com GARTLAND (2010), ventos mais brandos removem o calor de maneira mais vagarosa.

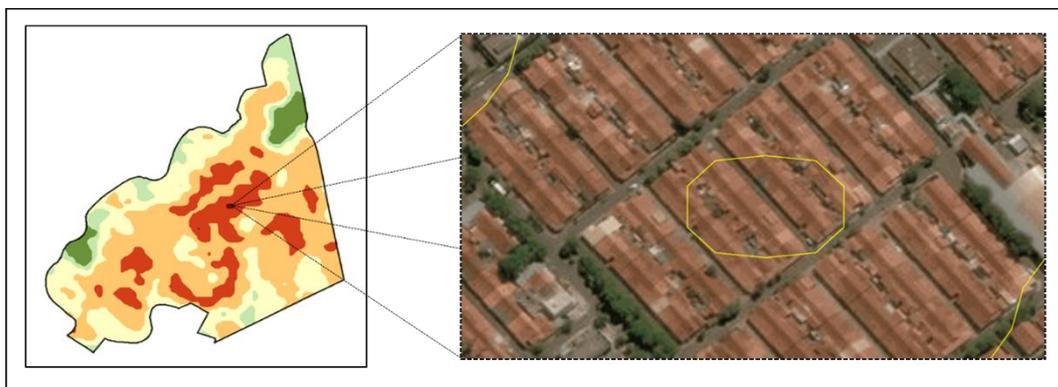
Os dados de temperatura obtidos através da imagem orbital foram coerentes com os valores coletados pela estação meteorológica do Canal CLIMA (2017) da UNESP Ilha Solteira, onde a média diária de temperatura do ar na cidade foi de 26,1°C, tais diferenças de valores entre a temperatura de superfície e temperatura do ar também foram observadas por WENG (2003), onde o autor afirma que temperatura média de superfície normalmente apresentam valores mais elevados em relação a temperatura média do ar.

A temperatura de superfície foi aumentando de acordo com o uso e ocupação do solo destinado a áreas residenciais, corroborando com GARTLAND (2010), onde, materiais como concreto, amianto e asfalto, são reconhecidos por suas propriedades físicas de alteração do

albedo natural da superfície, por serem bons absorvedores de calor, conseqüentemente importantes emissores de radiação de ondas longas, o que explica a elevação das temperaturas.

A mancha com maior temperatura encontrada na área urbana está localizada no bairro Zona Norte de Ilha Solteira, bairro com grande número de residências geminadas. Pode ser observado na Figura 3 o padrão das casas justapostas, este padrão arquitetônico (Figura 4) das casas impedem a circulação do vento, confirmando Costa et al. (2010), onde os autores afirmam que o aumento da temperatura em casas dispostas em passeios, em Ilha Solteira, acontecem devido o adensamento de residências e ruas estreitas.

**Figura3.** Imagem de Satélite do uso do solo na área de temperatura mais alta



**Figura 4.** Modelo Digital do padrão arquitetônico das residências na área de maior temperatura



Fonte: Monteiro, 2015

O material de pavimentação predominante na área com maior temperatura foi o asfáltico, casas em alvenaria de blocos de concreto e com telhado de cerâmica e amianto (Figura 5), favorecendo o aumento da temperatura local, pois de acordo com Gartland (2010) materiais como concreto, amianto e asfalto, são reconhecidos por serem bons absorvedores de calor,

consequentemente importantes emissores de radiação de ondas longas, explicando a elevação da temperatura na área.

Figura 5. Vista de diferentes pontos dentro da mancha de calor



A partir da imagem termal processada obtendo a temperatura de superfície, pode-se constatar que as regiões da cidade de Ilha Solteira com menor temperatura estão localizadas nas áreas de vegetação natural, fragmentos vegetais com espécies arbóreas, assim, contribuindo no arrefecimento da temperatura no local e em áreas próximas, conforme Oliveira et al. (2013), onde afirmam que a sombra da vegetação arbórea é um fator importante para reduzir a quantidade de radiação solar que atinge a superfície da terra (radiação de onda curta), portanto, reduzindo a emissão de radiação de ondas longas.

## CONCLUSÃO

A utilização do sensoriamento remoto (imagem orbital do satélite LandSat-8) contribuiu na quantificação da temperatura de superfície da cidade de Ilha Solteira.

O uso do solo está relacionado com o aumento da temperatura em determinadas áreas, devido o emprego de material sintético, como concreto e asfalto. O padrão arquitetônico compacto entre as residências favoreceu o aumento da temperatura, pois dificulta a circulação do ar, não havendo a remoção do ar quente, ficando estacionado em forma de bolsões nas áreas residenciais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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*, São Carlos, v. 6, n. 3, p. 273-278, 2009.

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, p. 31-45, 2013.

CORRÊA, P.B. et al. Heat Island in Manaus city: study with remote sensing Data, Modeling and Meteorological Data. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 31, n. 2, p. 167-176, 2016.

COSTA, D. F.; SILVA, H. R.; PERES, L. F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira-SP através da utilização de geotecnologias. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 974-985, 2010.

EL-MAGD, I. A.; ISMAIL, A.; ZANATY, N. Spatial variability of urban Heat Islands in Cairo City, Egypt using time series of landsat satellite images. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, Zirakipur, v. 5, n. 3, p. 1618-1638, 2016.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Mapa pedológico do Estado de São Paulo. Campinas: Engemap, Mapa 13 – Urubupungá, color, 100 cm x 70 cm. Escala 1:500.000 (legenda expandida), 1999.

GARTLAND, L. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução: Sílvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

HERNANDEZ, F.B.T. Análise agroclimática da área de influência do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Ilha Solteira: UNESP, FEPISA e SEAP/PR (Convênio 80/2005), 2007. 27 p.

HU, Y.; JIA, G. Influence of land use change on urban heat island derived from multi-sensor data. *International Journal of Climatology*, Chichester, v. 30, n. 9, p. 1382 - 1395, 2010.

LIMA, N. R.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, F. Clima urbano no Brasil: análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. *Revista Geonorte*, Manaus, v. 3, n. 9, p. 626-638, 2016.

MASHIKI, M. Y. **Geoprocessamento na identificação de ilhas de calor e influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

MIRANDA, E. E. de; GOMES, E. G. GUIMARÃES, M. Mapeamento e estimativa da área urbanizada do Brasil com base em imagens orbitais e modelos estatísticos. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005.

OLIVEIRA, A. S. et al. Variáveis meteorológicas e cobertura vegetal de espécies arbóreas em praças urbanas em Cuiabá, Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 28, n. 4, 2013.

PEREIRA, C. C et al. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia barra dos Coqueiros (Goiás). *Revista Geonorte*, Manaus, v. 3, n. 9, p. 1243-1255, 2016.

PEREIRA, C. C.; FÁTIMA MARIANO, Z.; WACHHOLZ, F.; CABRAL, J. B. P. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia barra dos Coqueiros (Goiás). *Revista Geonorte*, Manaus, v. 3, n. 9, p. 1243-1255, 2016.

ROCHA, L. M. V.; SOUZA, L. C. L.; CASTILHO, F. J. V. Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 3. p. 161-175, 2011.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 5. ed. Uberlândia: Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

SANTANA, E. F. et al. Multispectral image unsupervised segmentation using watershed transformation and cross-entropy minimization in different land use. *GIScience and Remote Sensing*, Abingdon, v. 51, n. 7, p. 613-629, 2014.

SANTOS, G. R. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira - SP, através de dados orbitais do satélite LANDSAT 5 – TM. 2005. 112 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

SÃO PAULO. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT, 1981. (Boletim Técnico Científico, 1).

SILVA, H.R.; ALTIMARE, A.L.; LIMA, E.A.C. de F. Sensoriamento remoto na identificação do uso e ocupação da terra na área do projeto “Conquista da Água”, Ilha Solteira - SP, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.328-334, 2006.

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

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Acesso à base diária: Canal CLIMA**. Ilha Solteira: UNESP - Faculdade de Engenharia - Departamento de Fitossanidade e Engenharia Rural e Solos - Área de Hidráulica e Irrigação, 2016. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br>>. Acesso em: 07 julho 2017.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano. Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8 EUA. Acesso em 08 julho 2017. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 86, p. 370-384, 2003.

WENG, Q. Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 69, p. 555-566, 2003.