

# Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

Leonardo Tullio  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2018

**LEONARDO TULLIO**

(Organizador)

# **Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto**

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
A642	Aplicações e princípios do sensoriamento remoto [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Aplicações e Princípios do sensoriamento remoto; v. 1)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-85107-54-3 DOI 10.22533/at.ed.543180210  1. Sensoriamento remoto. I. Tullio, Leonardo.  CDD 621.3678
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicações e princípios de Sensoriamento Remoto” aborda em seu primeiro Volume uma apresentação de 21 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área de Sensoriamento Remoto em suas diversas aplicações no meio urbano e rural.

O uso de imagens de satélite através do Sensoriamento Remoto está cada vez mais sendo utilizada para o planejamento e tomada de decisão rápida, visto que, a era tecnológica permite rapidez e confiança nos resultados. Contudo, sua utilização está na dependência de fatores de interação entre ambiente e sensor, que afetam nos produtos finais. Assim, sua qualidade depende de quatro tipos de resolução: temporal; espacial; espectral e radiométrica, que se referem a condição do satélite, isso deve ser levado em consideração no tipo de análise e o que pretende -se analisar.

Em contrapartida, a aquisição de imagens a nível terrestre já é possível com a utilização dos VANTES (Veículo Aéreo não Tripulado), porém fatores afetam seu movimento e resultam em imagens com pouca qualidade, estando diretamente na dependência do tipo de sensores acoplados. A análise por modelos e técnicas computacionais permite melhores e mais confiáveis resultados, que podem expressar a real condição. Porém, índices para comparação de variáveis ainda são desconhecidos e necessitam de trabalhos mais específicos para a geração de mapas interativos e virtuais.

Assim, o Sensoriamento Remoto é atualmente a área que mais cresce, visto a possibilidade da interação e tomada de decisão por meio de imagens e programas computacionais, tornando uma grande ferramenta em diversas áreas de atuação.

Por fim, espero que esta obra atenda a demanda por conhecimento técnico de qualidade e que novas pesquisas utilize-a de norte para traçar novos rumos para o Sensoriamento Remoto Aplicado.

Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A DINÂMICA DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO ACRE ENTRE OS ANOS DE 2004 E 2010	
<i>Juliana de Oliveira Tostes</i>	
<i>Márcio Rocha Francelino</i>	
<i>José Francisco de Oliveira Júnior</i>	
<i>Gustavo Bastos Lyra</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ADEQUAÇÃO DE BANCO DE DADOS E UTILIZAÇÃO DE ATRIBUTO DE HIERARQUIA NA GERAÇÃO DE ROTAS ÓTIMAS PARA O ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL	
<i>Júlia Vaz Tostes Miluzzi de Oliveira</i>	
<i>Pedro Sepulveda Neto</i>	
<i>Charles Marques de Souza</i>	
<i>Fausto Weimar Acerbi Junior</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE GERAÇÃO DE MDT APLICADO AO PARQUE AMBIENTAL VITÓRIO PIASSA - PR	
<i>Gabriel Roldo Gomes</i>	
<i>João Henrique Ferrarini</i>	
<i>Marcelle Luisa Calegari</i>	
<i>Danielli Batistella</i>	
<i>Priscila da Silva Victorino</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>34</b>
ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES COM O ZONEAMENTO DO SOLO URBANO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBUÍ, SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP.	
<i>Paulo Roberto Belisário</i>	
<i>Maiara Resende Ribeiro</i>	
<i>Mario Valério Filho</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>44</b>
ANÁLISE DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA (RMG), NO PERÍODO DE 1986 A 2016	
<i>Joelson de Souza Passos</i>	
<i>Jepherson Correia Sales</i>	
<i>Gabriella Santos Arruda de Lima</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA ÁREA URBANA DE UM TRECHO DO RECIFE E REGIÃO METROPOLITANA ATRAVÉS DE ORTOFOTOCARTAS ANTIGAS E IMAGEM DO GOOGLE EARTH	
<i>Leonardo Carlos Barbosa</i>	
<i>Luiz Carlos Barbosa da Silva</i>	
<i>Laízy de Santana Azevedo</i>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>66</b>
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DE PARTE DE BAIRRO NOVO – OLINDA ENTRE 1986 A 2014 UTILIZANDO ORTOFOTOCARTA E ORTOFOTOS	
<i>Júlio César Albuquerque Simões Belo</i>	
<i>Mirelly de Oliveira Farias</i>	
<i>Carlos Alberto Borba Schuler</i>	

**CAPÍTULO 8 ..... 75**

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DE DUNAS AO LONGO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO NORTE RS  
VIA DADOS TM LANDSAT 5

*Jean Marcel de Almeida Espinoza*  
*Deivid Cristian Leal Alves*  
*João Augusto de Carvalho Ferreira*  
*Jefferson Rodrigues dos Santos*  
*André Bilibio Westphalen*  
*Miguel da Guia Albuquerque*

**CAPÍTULO 9 ..... 83**

ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT-8  
(OLI)

*Rodrigo Moura Pereira*  
*Dayanna Teodoro Quirino*  
*Derblai Casaroli*  
*Lucas Melo Vellame*  
*Delvio Sandri*

**CAPÍTULO 10 ..... 98**

ESTUDO DO DESFLORESTAMENTO E QUALIDADE AMBIENTAL A PARTIR DO USO DE TECNOLOGIAS EM  
SENSORIAMENTO REMOTO

*Roberta Monique da Silva Santos*  
*Stiffanny Alexa Saraiva Bezerra*  
*Álefe Lopes Viana*  
*Nelson Felipe de Albuquerque Lins Neto*  
*José Roselito Carmelo da Silva*

**CAPÍTULO 11 ..... 115**

EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE  
VITÓRIA - SEBV E IMPLICAÇÕES PARA O GRADIENTE FLÚVIO-ESTUARINO.

*Fernando Jakes Teubner Junior*  
*Gilberto Fonseca Barroso*

**CAPÍTULO 12 ..... 131**

ÊXODO RURAL E ESTADO DA VEGETAÇÃO NATIVA: DESENVOLVIMENTO DE UM INDICADOR SOCIOECONÔMICO  
E VALIDAÇÃO COM IMAGENS DE SATÉLITE NO MUNICÍPIO DE CANGUÇU - RS, BRASIL

*Jefferson Rodrigues dos Santos*  
*Júlia Borges Telmo*  
*Lucas Munhoz Caseiro*  
*Jean Marcel de Almeida Espinosa*  
*João Augusto de Carvalho Ferreira*

**CAPÍTULO 13 ..... 142**

FRAGILIDADE AMBIENTAL DE UMA MICROBACIA, VISANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

*Sérgio Campos*  
*Marcelo Campos*  
*Thyellenn Lopes de Souza*  
*Mateus Campos Leme*  
*Mikael Timóteo Rodrigues*

**CAPÍTULO 14 ..... 152**

IMAGEM DE REFLECTÂNCIA DE SUPERFÍCIE USGS COMO REFERÊNCIA PARA COMPARAÇÃO DE DIFERENTES  
MÉTODOS DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA

*Patricia Michele Pereira Trindade*  
*Dejanina Luderitz Saldanha*

<i>Waterloo Pereira Filho</i>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>163</b>
INFERÊNCIA DA PROFUNDIDADE DA ZONA EUFÓTICA E DO COEFICIENTE VERTICAL DE ATENUAÇÃO DE LUZ NA ÁGUA DA REPRESA MAUÁ, RIO TIBAGI/PR, A PARTIR DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS LANDSAT-8/OLI	
<i>Adriana Castreghini de Freitas Pereira</i> <i>Paulo Henrique Marques de Castro</i>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>174</b>
MODELAGEM DE CORREDORES ÓTIMOS PARA INSTALAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS FERROVIÁRIOS COM O SOFTWARE LIVRE DINÂMICA EGO A PARTIR DE PRODUTOS GRATUITOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	
<i>Felipe Ramos Nabuco de Araújo</i> <i>Jefferson William Lopes Almeida</i> <i>Ítalo Sousa de Sena</i> <i>Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega</i>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>187</b>
PLANEJAMENTO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA EM PROJETO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA	
<i>Daniel de Almeida Papa</i> <i>Evandro Orfanó Figueiredo</i> <i>Alexandre Pansini Camargo</i> <i>Luiz Carlos Estraviz Rodriguez</i>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>199</b>
RELAÇÃO ENTRE RESPOSTA ESPECTRAL, BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM OCORRÊNCIAS DE CERRADO NA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO PARDO: ESTUDO PRELIMINAR	
<i>Ronaldo Medeiros dos Santos</i> <i>Vinícius Orlandi Barbosa Lima</i> <i>Marcelo Rossi Vicente</i> <i>Talita Moreira Câmara</i> <i>Cecília Cristina Almeida Mendes</i> <i>Diana Marques Silva</i> <i>Gesiane Simara Barbosa</i>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>209</b>
SENSORIAMENTO REMOTO NA CULTURA DO ALGODÃO	
<i>Ziany Neiva Brandão</i> <i>João Henrique Zonta</i> <i>Luciano Shozo Shiratsuchi</i>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>225</b>
TEMPERATURA DE BRILHO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT-8 NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TIETÊ NO ESTADO DE SÃO PAULO	
<i>Adriana Fantinati Conceição</i> <i>Denivaldo Ferreira de Souza</i> <i>Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero</i> <i>Lindon Fonseca Matias</i>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>235</b>
UTILIZAÇÃO DE IMAGENS CCD-CBERS-2B NA ANÁLISE DOS ALINHAMENTOS GEOLÓGICOS DA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA BORBOREMA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	
<i>Paulo Sérgio de Rezende Nascimento</i>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>248</b>

## TEMPERATURA DE BRILHO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT-8 NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TIETÊ NO ESTADO DE SÃO PAULO

### **Adriana Fantinati Conceição**

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas  
- UNICAMP

### **Denivaldo Ferreira de Souza**

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas  
- UNICAMP

### **Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero**

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas  
- UNICAMP

### **Lindon Fonseca Matias**

Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas  
- UNICAMP

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi analisar a temperatura de brilho na Área de Proteção Ambiental Tietê, localizada na região oeste do Estado de São Paulo, por meio de imagens termais de satélite. Para a área de estudo também foi obtido o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com o objetivo de comparar as informações de temperatura de brilho em locais com maior e menor cobertura de vegetação. Foram adquiridas duas imagens do satélite Landsat-8, sensores OLI e TIRS, junto ao site do Serviço Geológico Americano (USGS) no período de março e abril de 2016. A metodologia utilizada para obter a temperatura

de brilho foi a indicada no manual do USGS (2016) para usuários de imagens do satélite Landsat-8. Dados meteorológicos das estações automáticas disponibilizadas no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram utilizados para comparação com os resultados obtidos por imagens de satélite. Ao analisar as imagens de NDVI com as de temperatura de brilho observou-se que onde havia pouca ou nenhuma cobertura vegetal a temperatura de brilho apresentava-se mais elevada, sendo essas áreas representadas pela urbanização na área central e as regiões próximas ao limite da APA sendo representadas por solo exposto. Já nas áreas onde havia uma densa cobertura vegetal, ou seja, NDVI mais alto, os valores de temperatura de brilho estavam mais baixos.

**PALAVRAS-CHAVE:** geotecnologias, sensoriamento remoto, infravermelho termal, índice de vegetação.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to analyze the brightness temperature in the Tietê Environmental Protection Area, located in the western region of the State of São Paulo, through satellite thermal images. For the study area, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was also used to compare the brightness temperature information in sites with higher and lower vegetation cover. Two images of the Landsat-8 satellite, OLI and TIRS sensors,

were acquired near the site of the US Geological Survey (USGS) in March and April 2016. The methodology used to obtain the brightness temperature was indicated in the USGS manual (2016) for users of Landsat-8 satellite images. Meteorological data of the automatic stations made available on the website of the National Institute of Meteorology (INMET) were used to compare the results obtained by satellite images. When analyzing the NDVI images with the brightness temperature, it was observed that where there was little or no vegetation cover the brightness temperature was higher, these areas being represented by the urbanization in the central area and the regions near the limit of the APA being represented by exposed soil. In areas where there was a dense vegetation cover, that is, NDVI higher, the values of brightness temperature were lower.

**KEYWORDS:** geotechnologies, remote sensing, thermal infrared, vegetation index.

## 1 | INTRODUÇÃO

A redução da cobertura vegetal pode influenciar nas mudanças do clima, alterando, por exemplo, a temperatura de brilho. Para identificar as mudanças climáticas muitos métodos foram desenvolvidos visando obter melhores resultados, tanto por sensoriamento remoto como por instrumentos de medição local (Tasumi et al., 2008; Mu et al., 2011).

A principal diferença entre os dados obtidos por imagens de satélite ou com instrumento de medição em superfície é que as estações meteorológicas fornecem informações apenas locais, sendo difícil uma análise em escala regional e considerando paisagens heterogêneas. Já com os dados obtidos por meio das bandas termais dos satélites é possível produzir informações espaço-temporais sobre as condições da superfície em diferentes escalas, além de ser uma alternativa de mais baixo custo as imagens possibilitam a coleta de dados em áreas não abrangidas por estações meteorológicas convencionais, porém, possui algumas limitações, como as interferências atmosféricas, que podem influenciar no resultado final (Hantson et al., 2013, Fu et al., 2016).

Várias pesquisas aplicaram com sucesso os dados de sensores remotos orbitais para estimar dados climáticos (Allen et al., 2002). Pesquisas realizadas por Mataveli et al. (2014) com dados de sensoriamento remoto puderam avaliar a distribuição espacial e temporal da temperatura em áreas agrícolas no Estado de São Paulo, obtendo resultados satisfatórios. Loarie et al. (2011) usaram imagens de satélite para analisar os impactos climáticos diretos em conversão de uso e cobertura das terras no Cerrado do Brasil no período de 2000 a 2008.

Diante do exposto o presente trabalho objetivou analisar a temperatura de brilho na Área de Proteção Ambiental Tietê, localizada no oeste do estado de São Paulo, por meio de imagens termais do satélite Landsat-8 e comparar suas variações no espaço com o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê localizada nos municípios de Tietê e Jumirim na região oeste do Estado de São Paulo (Figura 1). A APA foi criada pelo Decreto Estadual nº 20.959, de 8 de junho de 1983, possui uma área de aproximadamente 45.100 hectares e está localizada em uma região de antiga ocupação cafeeira. A criação da APA teve como objetivo proteger as áreas remanescentes de vegetação natural existentes, sendo caracterizada pelo bioma Mata Atlântica de Floresta Estacional Semidecidual (Fundação Florestal, 2016). O clima na região, segundo a classificação climática de Köppen (1948) é do tipo tropical com duas estações distintas - verão chuvoso e inverno seco com temperaturas médias anuais oscilando entre 20° a 25° C.

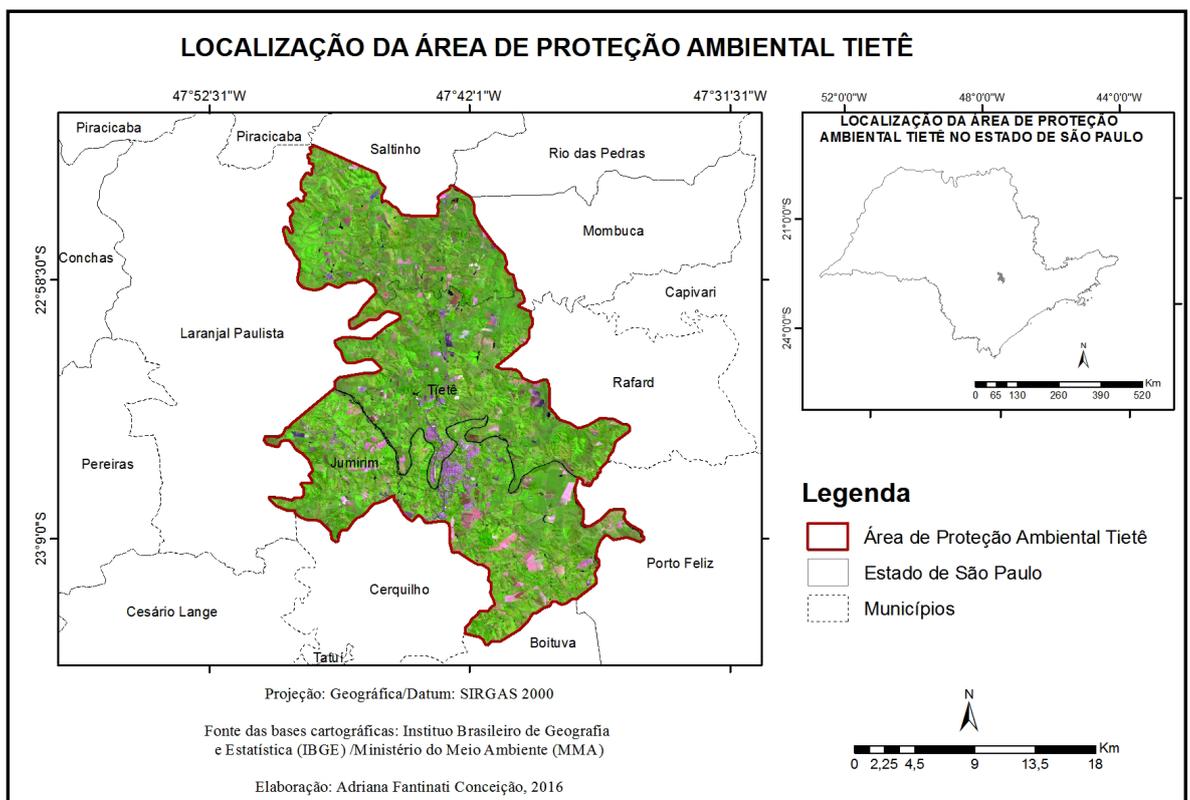


Figura 1. Localização da área de estudo.

Foram adquiridas imagens orbitais digitais do Land Remote Sensing Satellite (Landsat-8) sensores Thermal Infrared Sensor (TIRS), banda 10 para obtenção dos mapas de temperatura de brilho, e Operational Land Imager (OLI) para obter os valores de NDVI, e assim analisar os valores de temperatura de brilho em áreas com maior e menor cobertura de vegetação. Ambos os sensores são referentes ao período de 08/03/2016 e 09/04/2016, órbita/ponto 220/76 e horário de passagem às 13:10, sendo adquiridas no site do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS), disponibilizadas gratuitamente.

A metodologia utilizada para obter os valores de temperatura de brilho foi a

indicada no manual do USGS para usuários das imagens de satélite do Landsat-8 (2016). O primeiro processo foi a conversão dos níveis de cinza (NC) para radiância e em seguida para temperatura Kelvin, procedimentos esses realizados na calculadora raster do software ArcGIS 10.2. A seguir a fórmula sugerida no manual USGS:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

Sendo:

$L_{\lambda}$ : Radiância Espectral em sensor de abertura em Watts/(m<sup>2</sup>sr μm)

$M_L$ : Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 (0.00033420)

$Q_{cal}$ : Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN

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

Para o cálculo da temperatura de brilho foi utilizada a seguinte fórmula:

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

Sendo:

$T$ : Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)

$K_2$ : Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)

$K_1$ : Constante de calibração 1 = 774.89 (K)

$L_{\lambda}$ : Radiância Espectral em sensor de abertura em Watts/(m<sup>2</sup>sr μm)

Na transformação dos valores de temperatura Kelvin para graus Celsius foi realizada a subtração das imagens com valor Kelvin pelo valor absoluto de 273,15.

Foram obtidos planos de informações no formato vetorial *shapefile* (.shp), como o limite municipal adquirido no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o limite da Área de Proteção Ambiental Tietê obtido no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Antes do recorte da área de interesse obteve-se a localização e os dados das estações meteorológicas automáticas mais próximas da APA por meio do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Por fim, seguiu-se para o recorte da imagem e o processamento do NDVI para comparação das áreas.

No procedimento para obter o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foram utilizadas as bandas do sensor OLI do Landsat-8. Inicialmente as imagens foram convertidas para reflectância.

$$\rho\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p$$

Em que:

$\rho\lambda'$ : é a reflectância planetária, sem a correção do ângulo solar

$M\rho$ : é o fator multiplicativo de cada banda, encontrado no arquivo metadados

$A_p$ : é o coeficiente de adição encontrado no arquivo metadados

$Q_{cal}$ : são os números digitais (DN) correspondentes a cada banda da imagem

Em seguida foi realizada a correção da reflectância para o ângulo solar.

$$\rho\lambda = \rho\lambda' / \cos(\theta_{sz}) = \rho\lambda' \sin(\theta_{se})$$

Em que:

$\rho\lambda$ : é a reflectância planetária

$\theta_{SE}$ : é o ângulo de elevação solar

$\theta_{SZ}$ : é o ângulo zenital solar

Após o processamento das imagens para reflectância corrigida obteve-se o NDVI, sendo este a diferença entre as respostas espectrais no infravermelho próximo e no vermelho, tendo sido introduzido por Rouse et al. (1973) por meio da seguinte equação:

$$ndvi = \rho_{iv} - \rho_v / \rho_{iv} + \rho_v$$

Onde:

ndvi: é o índice de vegetação da diferença normalizada

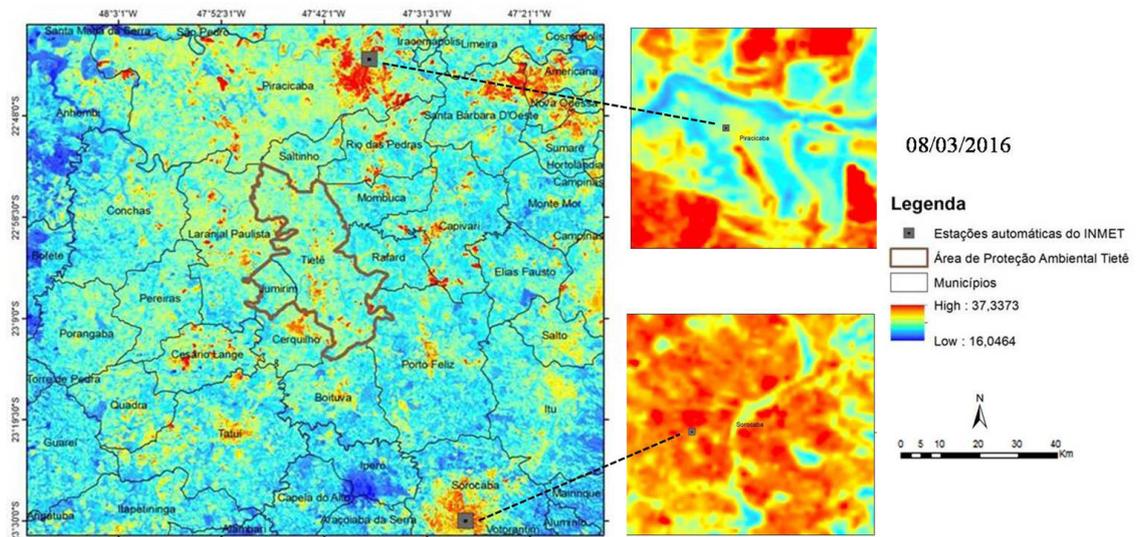
$\rho_{iv}$ : é a refletância da banda do infravermelho próximo

$\rho_v$ : a refletância na banda do vermelho.

Após obter os dados de temperatura de brilho e NDVI este foram classificados e gerados mapas e gráficos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Área de Proteção Ambiental Tietê, embora localizada nos municípios de Tietê e Jumirim, não conta nestes municípios com estações meteorológicas. As estações meteorológicas automáticas do INMET mais próximas da APA foram localizadas nos municípios de Piracicaba e Sorocaba (Figura 2).



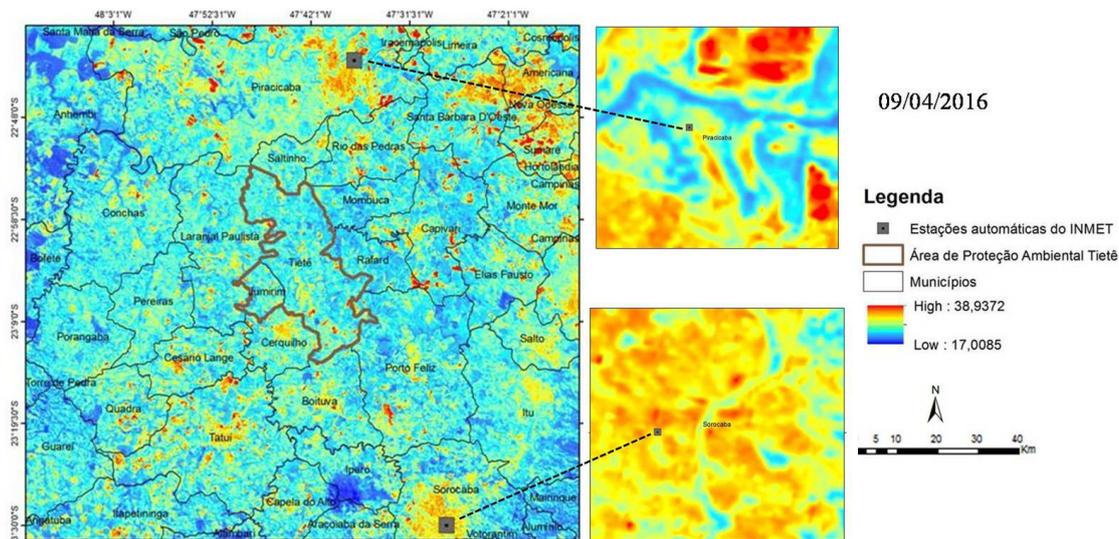
**Figura 2.** Temperatura de brilho do Landsat-8 com a localização das estações automáticas do INMET próximas da Área de Proteção Ambiental Tietê referente ao dia 08/03/2016.

Na imagem termal referente ao dia 8/3/2016 (Figura 2) foi obtido um valor de temperatura de 25°C para a estação de Piracicaba e um valor de 27°C para a estação de Sorocaba. Estes valores se encontram muito próximos dos obtidos nas estações automáticas do INMET (Tabela 1).

Estação	Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m <sup>2</sup> )	Chuva (mm)
			Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.		
Piracicaba	08/03/2016	13	26.8	27.0	25.0	73	85	71	1.5	53°	3.1	2594.	0.0
Sorocaba	08/03/2016	13	26.3	26.8	24.8	65	78	65	1.2	40°	3.4	2444.	0.0

**Tabela 1.** Dados obtidos nas estações meteorológicas automáticas do INMET em 8/03/2016.

Para a imagem termal referente ao dia 9/4/2016 (Figura 3) foi obtido um valor de 28° C na coordenada onde se encontra a estação do INMET em Piracicaba e um valor de 28,5°C na coordenada onde está a estação de Sorocaba. Ao comparar os dados obtidos na imagem termal com os dados obtidos na estação para o mesmo período (Tabela 2) tem-se uma diferença de menos de 0,7°C ao comparar com a temperatura máxima.



**Figura 3.** Temperatura de brilho do Landsat-8 com a localização das estações automáticas do INMET próximas da Área de Proteção Ambiental Tietê referente ao dia 09/04/2016.

Estação	Data	Hora	Temperatura (°C)		Umidade (%)			Vento (m/s)		Radiação (kJ/m <sup>2</sup> )	Chuva (mm)
			Inst.	Máx. Mín.	Inst.	Máx. Mín.	Vel.	Dir.	Raj.		
Piracicaba	09/04/2016	13	27.7	27.8 24.9	69	84 69	1.5	87°	3.3	2290.	0.0
Sorocaba	09/04/2016	13	27.8	27.8 25.2	64	75 62	1.4	38°	2.8	2157.	0.0

**Tabela 2.** Dados obtidos nas estações meteorológicas automáticas do INMET em 09/04/2016

Os resultados obtidos por meio de imagens termais apresentaram boa proximidade com os dados obtidos por meio das estações. Coelho et al. (2013) aplicaram metodologia semelhante para obtenção dos valores de temperatura, sendo que os resultados apresentaram que a cobertura de vegetação do Parque Estadual da Fonte Grande exercia importante influência na amenização da temperatura.

Recortando a imagem para a área de interesse, ou seja, a APA Tietê, tem-se a seguir os mapas do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e de temperatura de brilho (Figuras 4 e 5).

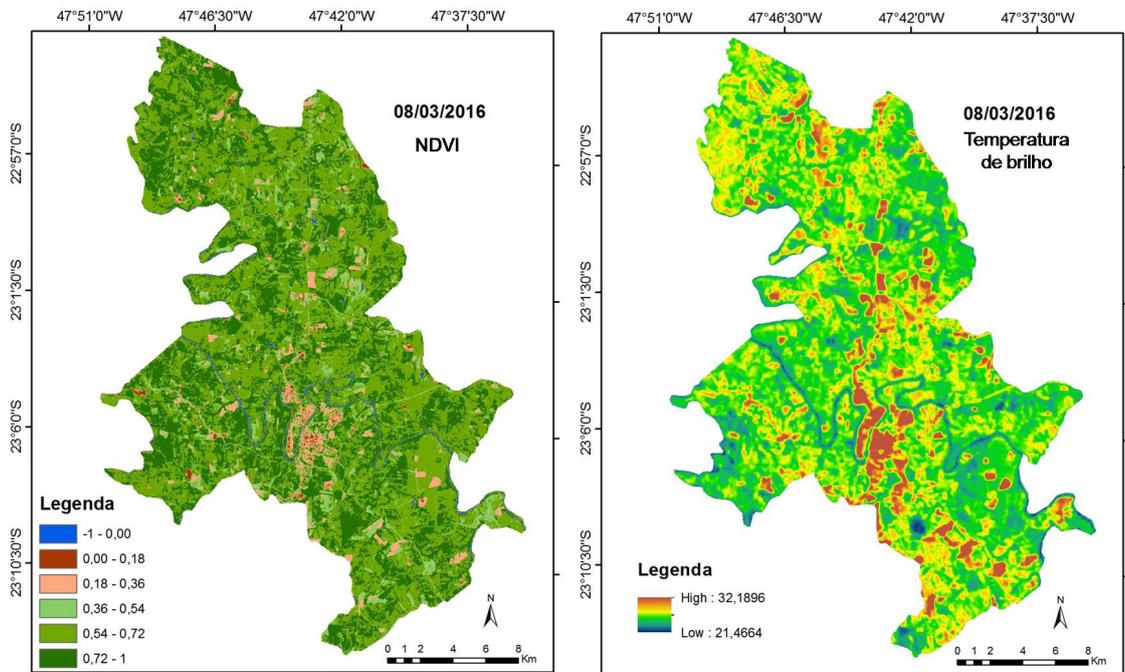


Figura 4. NDVI e Temperatura de Brilho na APA Tietê referente à 08/03/2016.

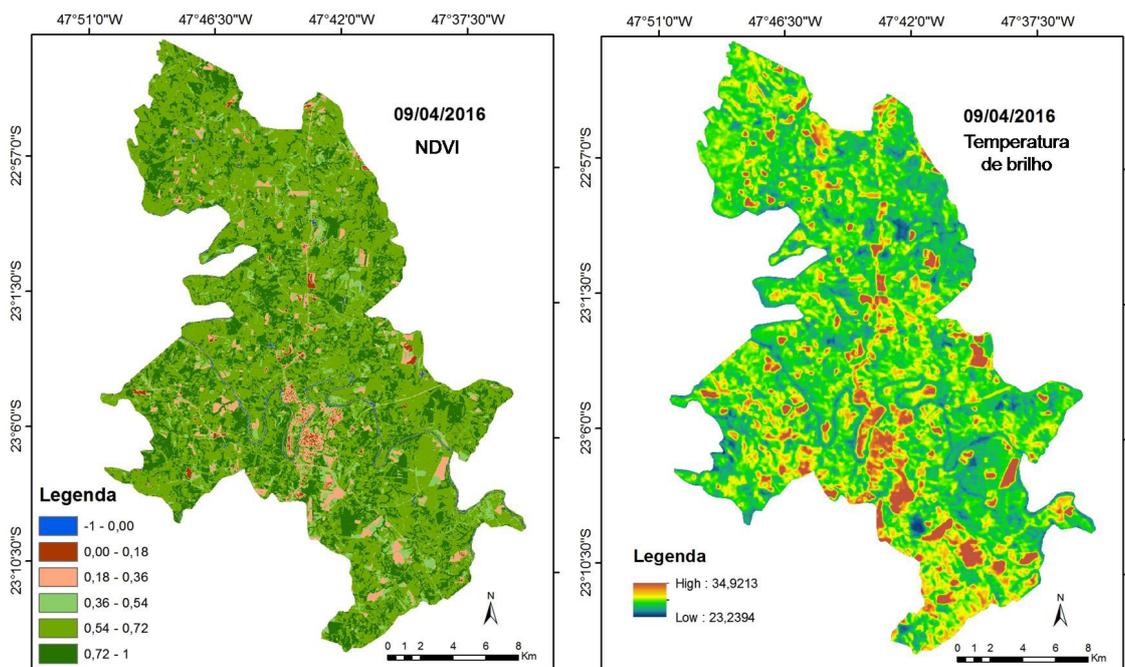


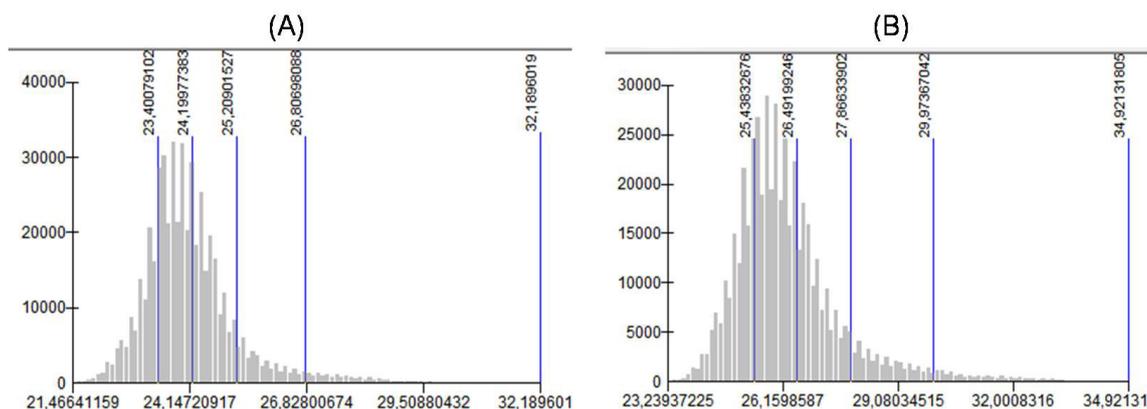
Figura 5. NDVI e Temperatura de Brilho na APA Tietê referente à 09/04/2016.

Nas imagens do NDVI referente aos meses de março e abril a classe 00 - 0,18 foi representada na maior parte por área urbana. Já na classe 0,18 - 0,36 destaca-se a presença de solo exposto. Ambas as áreas onde essas classes se encontram apresentaram um valor de temperatura de brilho mais elevado.

As classes 0,36 - 0,54 e 0,54 - 0,72 foram representadas por áreas agrícolas, diferenciando-se pelos tipos de usos agrícolas. Essas classes apresentaram valores médios de temperatura de brilho. Já a classe 0,72 - 1 representa áreas formadas por vegetações mais densas obtendo valores de temperatura de brilho mais baixo.

Nas imagens termais também foi possível identificar alguns corpos d'água, que também foram representados por valores baixos de temperatura de brilho.

Na Figura 6 são apresentados os gráficos com a distribuição dos valores de temperatura de brilho para a área da APA. O gráfico (A) referente ao dia 08/03/2016 está distribuído entre as temperaturas de 21,4 °C a 32,1°C, estando a maior parte da área da APA concentrada nas temperaturas de 23,5 °C a 24 °C. Já no gráfico (B), referente ao dia 09/04/2016, a distribuição dos valores de temperatura estão entre 23,2 °C a 34,9 °C, com concentração maior entre 25,4°C a 26,5°C.



**Figura 6.** Distribuição dos valores de temperatura de brilho na área da APA Tietê. Gráfico (A) referente ao dia 08/03/2016 e gráfico (B) referente ao dia (09/04/2016).

## 4 | CONCLUSÕES

As análises realizadas por meio da metodologia proposta pelo USGS para as imagens termais do Landsat-8 junto ao NDVI possibilitaram a identificação do comportamento da temperatura de brilho desde áreas com vegetação mais densa até áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal. Foi possível identificar por meio dos gráficos e mapas a distribuição da temperatura de brilho e em quais classes termais havia maior concentração. Além disso, a confiabilidade dos dados termais puderam ser verificados ao comparar a temperatura obtida nas estações meteorológicas com as temperaturas de brilho obtidas nas imagens termais, tendo como ponto de análise os pontos de Piracicaba e Sorocaba, sendo estas as mais próximas da APA Tietê.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) - Advanced Training and Users Manual**. Idaho Implementation, version 1.0, 2002, 98p.
- COELHO, A.L.N. **Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/LANDSAT-8: Metodologia e Aplicações**. Rev. Geogr. Acadêmica, v.7, n.1, p. 31-45, 2013.
- FU, P.; WENG, Q. **A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery**. Remote Sensing of Environment. v.175, p. 205-214, 2016.

FUNDAÇÃO FLORESTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Área de Proteção Ambiental Tietê**. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/apa-tiete/>> Acesso em 2 de julho de 2016.

HANTSON, S.; PADILLA, M.; CORTI, D.; CHUVIECO, E. **Strengths and weaknesses of MODIS hotspots to characterize global fire occurrence**. Remote Sensing of Environment, v.131, n.1, p. 152-159, 2013

LOARIE, S. R.; LOBELL, D. B.; ASNER, G. P.; MU, Q.; FIELS, C. B. **Direct impacts on local climate of sugar-cane expansion in Brazil**. Nature Climate Change 2011, 1, 105–109.

MATAVELI, G. A. V.; OLIVEIRA, B. S.; PEREIRA, G.; MORAES, E. C.; CARDOZO, F. S. **Dinâmica dos focos de queimada em cana-de-açúcar no estado de São Paulo entre 2008 e 2011**. RBC. Revista Brasileira de Cartografia, v. 66, n. 2, p. 379-392, 2014.

MU, QIAOZHEN; ZHAO, MAOSHENG; RUNNING, S.W. **Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm**. Remote Sensing of Environment, p.1781-1800, 2011.

TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; TREZZA, R. **At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of Land surface energy balance**. Journal of Hydrologic Engineering, v. 13, n. 2, p. 51-63, 2008.

USGS (United States Geological Survey). **Using the USGS Landsat 8 Product**. Disponível em:< [https://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)> . Acesso em: 30 de junho de 2016.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Leonardo Tullio** Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais-CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-54-3



9 788585 107543