

# 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>

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

### **Patricia Michele Pereira Trindade**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
– UFRGS, Programa de Pós-Graduação em  
Sensoriamento Remoto  
Porto Alegre, RS

### **Dejanina Luderitz Saldanha**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
– UFRGS, Programa de Pós-Graduação em  
Sensoriamento Remoto  
Porto Alegre, RS.

### **Waterloo Pereira Filho**

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM,  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Santa Maria – RS.

**RESUMO:** Os sensores dos satélites de sensoriamento remoto registram imagens que, de alguma forma, possuem interferência atmosférica. Assim, foram desenvolvidos métodos de correção atmosférica e alguns produtos em reflectância de superfície já foram disponibilizados, como por exemplo, as imagens da plataforma Landsat 8. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é comparar dois métodos de correção considerando como referência os valores obtidos na imagem de reflectância de superfície disponibilizada pela USGS e verificar qual a influência nos valores do índice radiométrico para áreas construídas. A metodologia seguiu algumas etapas, como:

aquisição de três imagens Landsat 8 (reflectância de superfície (SR), reflectância aparente (TOA), e em números digitais (ND)); conversão dos ND para valores físicos e correções atmosféricas pelo método DOS e FLAASH; cálculo do índice radiométrico NDBI; coleta de assinaturas espectrais para alvos de área construída, vegetação, água e solo exposto; comparação entre as imagens de reflectância e a imagem referência; e comparação entre os valores NDBI para classe área construída. Desta forma, foi possível constatar que diferentes métodos de correção podem gerar diferentes valores de reflectância de superfície e NDBI para os mesmos alvos. Assim, surge a dúvida sobre qual método seria o mais correto. Neste estudo, a imagem corrigida pelo FLAASH apresentou valores de reflectância e NDBI mais próximos aos da imagem referência. Estudos que utilizam imagens Landsat 8 contam com imagens já corrigidas, o que facilita o trabalho e garante maior confiabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** DOS, FLAASH, área urbana, índice radiométrico, curvas espectrais.

**ABSTRACT:** Satellites' remote sensors register images that, in some way, carry atmospheric interference. Thus, methods of atmospheric correction were developed and products of surface reflectance were made available, such as, for example, the images of the Landsat 8



platform. Regarding this context, the objective of our study is to compare two methods of correction, while considering as reference the values obtained in the images of surface reflectance provided by the USGS, and to verify what is their influence on the values of radiometric indices for constructed surfaces. Our methodology followed some steps, such as: the acquisition of three Landsat 8 images (surface reflectance [SR], top of atmosphere reflectance [TOA] and digital numbers [DN]); conversion of the DN into physical values and atmospheric corrections through DOS and FLAASH methods; calculation of the radiometric index NDBI; collection of spectral signatures for targets of constructed surfaces, vegetation, water and bare soil; comparison between the reflectance images and the reference image; and comparison between the NDBI values for the constructed surface's class. As result, it was possible to determine that different correction methods can generate different values of surface reflectance and of NDBI for the same targets. Thus, it remains undetermined which method is better suited. In our study, the image corrected with FLAASH presented values of reflectance and of NDBI that were closer to those of the reference image. Studies that use Landsat 8 image rely on images corrected in advance, which facilitates work and guarantees more reliability.

**KEYWORDS:** DOS, FLAASH, urban area, radiometric index, spectral curves.

## 1 | INTRODUÇÃO

Uma das principais informações obtidas a partir dos produtos de sensoriamento remoto orbital é a caracterização das propriedades físicas dos diversos alvos existentes na superfície terrestre. No entanto, é de comum acordo entre a comunidade científica que, os dados registrados pelos sensores sofrem interferência de um meio dinâmico que fica entre o sensor e a superfície imageada, a atmosfera. Uma das principais interferências é a diminuição do contraste entre as superfícies adjacentes e alteração do brilho em cada ponto da imagem (Zullo Junior, 1996). Liou (1980) e Latorre *et al.* (2002) são exemplos de trabalhos que avaliaram a interferência atmosférica nos valores espectrais de diferentes alvos na superfície terrestre.

A importância da correção atmosférica pode ser identificada em três casos: quando o usuário deseja conhecer a reflectância ou emitância do objeto em estudo; quando o usuário necessita utilizar algoritmos que se baseiem em operações aritméticas entre as bandas; quando o usuário deseja comparar propriedades dos objetos em imagens de diferentes datas (NOVO, 2008).

Diversos métodos de correção atmosférica foram desenvolvidos para serem aplicados nas imagens e mitigar os efeitos atmosféricos sobre a REM captada pelos sensores, a exemplo, o método DOS (*Dark Object Subtraction*) e o algoritmo Flaash (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis Spectral Hypercubes*). O primeiro, segundo Chávez (1988) utiliza dados somente da imagem e considera os valores de espalhamento atmosférico. Já o segundo método, de acordo com Aldler-Golden

(1999) e Matthew *et al.* (2002) fundamenta-se no código de transferência radiativa MODTRAN para estimar os parâmetros na correção das imagens. Alguns trabalhos já foram desenvolvidos em relação aos diferentes métodos de correção atmosférica, como por exemplo, Couto Junior *et al.* (2011) que avaliaram o desempenho do algoritmo FLAASH (baseado no código MONTRAN) com imagem Landsat 7 EMT para o bioma do Cerrado. Fragal e Montanher (2011) compararam as correções atmosféricas 6s e DOS para a caracterização espectral de alvos naturais utilizando imagens Landsat 5 sensor TM.

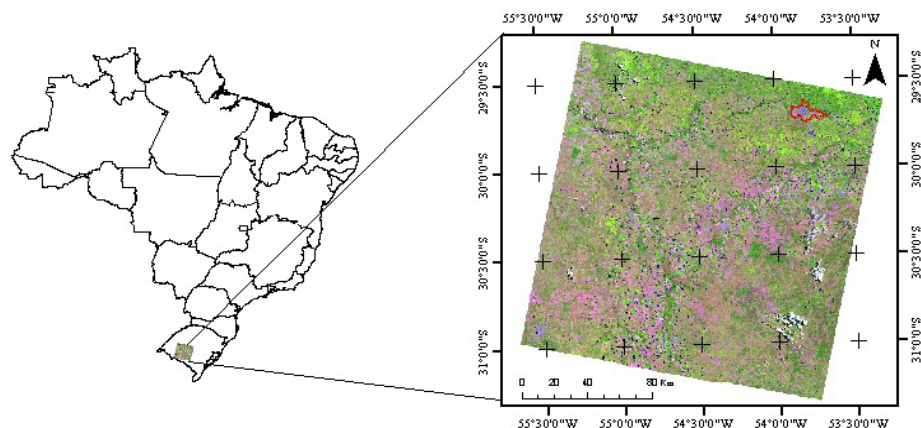
Produtos já convertidos para reflectância de superfície estão disponíveis gratuitamente, como é o caso das imagens Landsat 8 disponibilizadas no site da USGS (*United States Geological Survey*). Os dados de reflectância de superfície Landsat 8 são gerados a partir do algoritmo LaSRC (*Landsat Surface Reflectance Code*), o qual utiliza a banda de aerossóis para realizar testes de inversão de transferência radiativa (USGS, 2016).

A correção atmosférica é considerada importante para estudos baseados nas características espectrais dos alvos, sendo que, sem a correção os índices espectrais podem apresentar valores diferentes (LU *et al.*, 2002). Um exemplo é o índice radiométrico NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) que é utilizado para identificar áreas construídas, considerando como base o grande incremento de resposta espectral das áreas construídas nas bandas do infravermelho próximo e ondas curtas (Zha *et al.*, 2003; Xu, 2007; França *et al.* 2012).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é comparar imagens em reflectância de superfície obtidas por diferentes métodos de correção atmosférica e verificar sua influência no índice radiométrico NDBI. Para tanto, a imagem em reflectância de superfície disponibilizada pela USGS foi utilizada como referência.

## 2 | METODOLOGIA DE TRABALHO

No presente trabalho foram utilizadas três imagens da plataforma Landsat 8, sensor OLI referentes à órbita ponto 223/81 do dia 19/01/2014, foram usadas as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. A primeira imagem corresponde aos valores de reflectância aparente ou no topo da atmosfera (TOA), a segunda à reflectância de superfície (SR) e a terceira em números digitais (ND). A aquisição das imagens foi realizada no *site* da USGS. A área escolhida para este estudo foi a cidade de Santa Maria -RS devido ao conhecimento prévio da área de modo a facilitar a interpretação dos dados (Figura 1).



**Figura 1** – Localização da área de estudo.

## 2.1. Correção atmosférica com o método DOS e no algoritmo FLAASH

O processamento digital referente à correção atmosférica foi realizado na imagem em números digitais. Para tanto, antes de iniciar as correções com os dois métodos distintos, a imagem foi convertida para valores de radiância (para correção com o FLAASH) e para valores de reflectância aparente (para correção com o DOS). Os parâmetros utilizados na correção são encontrados na página oficial do programa Landsat e estão disponíveis nos metadados das imagens.

O método de correção atmosférica DOS segundo Chávez (1988) utiliza dados da própria imagem, assim, fatores como condições atmosféricas e visibilidade horizontal não são considerados para correção. Este método toma como pressuposto que qualquer cena e qualquer banda espectral existem pixels com o valor 0, tanto imagens em ND quanto em imagens já convertidas para reflectância aparente, são áreas que não poderiam receber radiação incidente (sombras por exemplo). Assim, se esses pixels apresentam valores maior que zero, o valor excedente é explicado pela interferência aditiva do espalhamento atmosférico (PONZONI, 2010). Para realizar a correção segundo este método no presente trabalho foram identificadas em cada banda espectral quais as quantidades de reflectância aparente que deveriam ser subtraídas da imagem como um todo, assim foi considerado que a interferência atmosférica seria uniforme em toda a cena.

A correção atmosférica com o algoritmo FLAASH utiliza o código de transferência radiativa MODTRAN, sendo que a principal vantagem em utilizar esse modelo é que este considera também o fenômeno de absorção da REM o que resulta informações mais confiáveis para trabalhos que envolvam parâmetros geofísicos (PONZONI, 2010). Os parâmetros de entrada para correção foram: imagem convertida para valores de radiância, características da cena, data, latitude e longitude, altitude do sensor, modelo atmosférico (Mid-Latitude Summer), visibilidade horizontal (40 Km), sensor a bordo do satélite (OLI), banda espectral, e modelo de aerossol (neste caso foi considerado o “Rural” pois a correção realizada em toda cena).

Para o desenvolvimento do trabalho foram consideradas quatro imagens: 1ª Reflectância aparente USGS (R\_TOA), 2ª Reflectância de superfície USGS (SR\_USGS), 3ª Reflectância de superfície com o método DOS (SR\_DOS) e 4ª Reflectância de superfície com o método FLAASH (SR\_FLAAASH).

## 2.2. Cálculo do índice radiométrico

Foi realizado o cálculo do índice radiométrico NDBI (Equação 1) para as quatro imagens (R\_TOA, SR\_USGS, SR\_FLAAASH, e SR\_DOS). Neste caso, foram consideradas as bandas 5 e 7 do sensor OLI. Este índice foi considerado pois o recorte espacial para as análises dos dados é a área urbana de Santa Maria, desta forma foi possível espacializar de maneira rápida as áreas construídas dentro da cidade. Zha *et al.* (2003) propuseram o NDBI utilizando as bandas TM4 e TM5 para atrair áreas urbanizadas de Nanjing, China.

$$\text{NDBI} = (\text{pivoc} - \text{pivp}) / (\text{pivoc} + \text{pivp})$$

Onde, pivoc = reflectância no infravermelho de ondas curtas, pivp= reflectância no infravermelho próximo.

## 2.3. Comparação entre as imagens

O resultado das correções atmosféricas DOS e FLAASH foram comparadas com a imagem de reflectância de superfície da mesma cena disponibilizada pela USGS (considerada imagem referência). Foram coletadas 15 assinaturas espectrais de áreas construídas, água, vegetação e solo exposto. Estas amostras foram escolhidas de forma irregular e posteriormente foi gerada uma curva média para cada classe e plotadas em um gráfico para as comparações entre as imagens. Assim, foi realizado o cálculo da diferença entre USGS e FLAAH e USGS e DOS subtraindo os valores das imagens corrigidas da imagem referência.

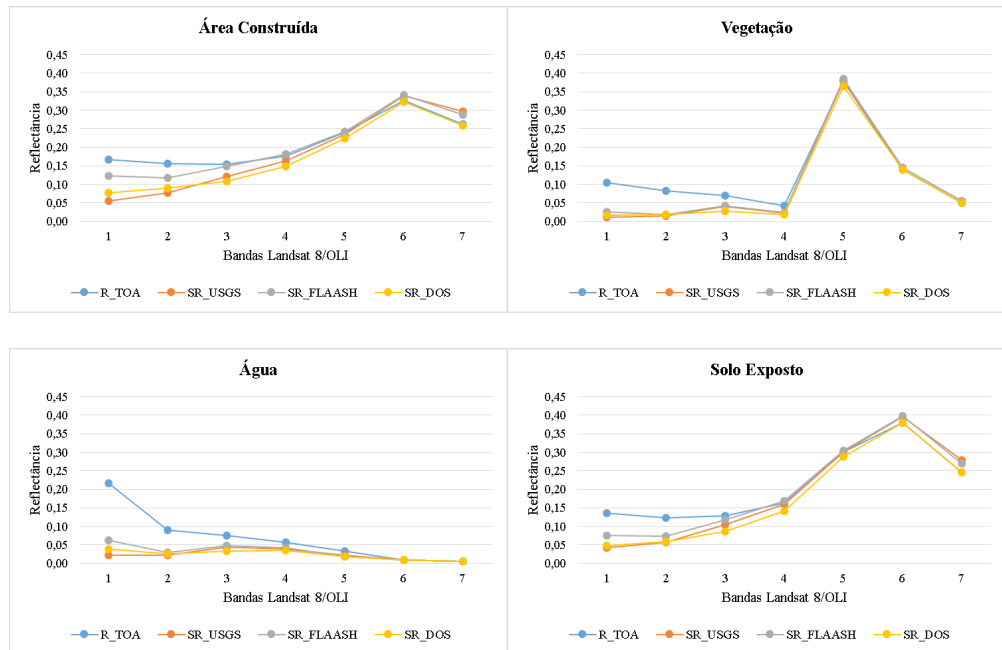
Em relação ao NDBI foram realizadas as comparações dos valores entre as quatro imagens (reflectância parente USGS, reflectância de superfície USGS, reflectância de superfície FLAASH, e reflectância de superfície DOS) a partir das amostras coletadas.

# 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Resultados das correções atmosféricas

Observou-se alta correlação entre as curvas espectrais (R\_TOA, SR\_USGS, SR\_FLAAASH e SR\_DOS), onde os valores de reflectância FLAASH apresentam-se um pouco superiores em todas as classes selecionadas em relação às refletâncias USGS e DOS (Figura 2). A classe área construída apresentou maior variação entre as imagens de reflectância de superfície e a classe vegetação a menor variação.

As curvas de reflectância aparente apresentam valores superiores nas bandas do visível para as diferentes classes. Este fato foi explicado por Ponzoni (2010) que nas bandas do visível os valores de reflectância aparente serão sempre superiores aos de reflectância de superfície devido ao espalhamento da REM causado pela interferência atmosférica, principalmente, nos menores comprimentos de onda.



**Figura 2** – Resposta espectral de diferentes alvos a partir das imagens Reflectância aparente (R\_TOA), Reflectância de superfície USGS (SR\_USGS), Reflectância de superfície FLAASH (SR\_FLAASH) e Reflectância de superfície DOS (SR\_DOS).

Nas regiões do infravermelho próximo e ondas curtas os valores de reflectância de superfície USGS e FLAASH apresentam-se superiores aos de reflectância aparente. Conforme Ponzoni (2010) este fato é explicado pela predominância do fenômeno de absorção da REM nessas bandas espectrais. Já os valores de reflectância de superfície DOS foram inferiores ao de reflectância aparente, isso acontece pois esse método considera o fenômeno de espalhamento como dominante em todas as bandas espectrais.

Uma observação interessante que foi constatada é que os valores de reflectância aparente são muito próximos aos valores de reflectância de superfície a partir da banda 5, independentemente do método de correção, o que possibilita afirmar que as correções atmosféricas têm maior influência nas bandas do visível.

### 3.2. Comparação entre os diferentes métodos de correção atmosférica

Para caracterização espectral de alvos a partir de imagens orbitais são necessárias as conversões dos ND para valores físicos (radiância e reflectância aparente) bem como correções atmosféricas. Para tanto existem os métodos de correção atmosférica disponíveis, em contrapartida, existe a dúvida de qual o melhor

método de correção. Neste trabalho os valores de reflectância de superfície USGS foram considerados os mais adequados, pois são distribuídas pela USGS, agência científica dos EUA. As imagens Landsat 8 contam com um algoritmo de correção especialmente desenvolvido para elas, sendo que as correções fazem uso da banda de aerossóis, dados climáticos auxiliares do MODIS e os ângulos zênites (USGS, 2016).

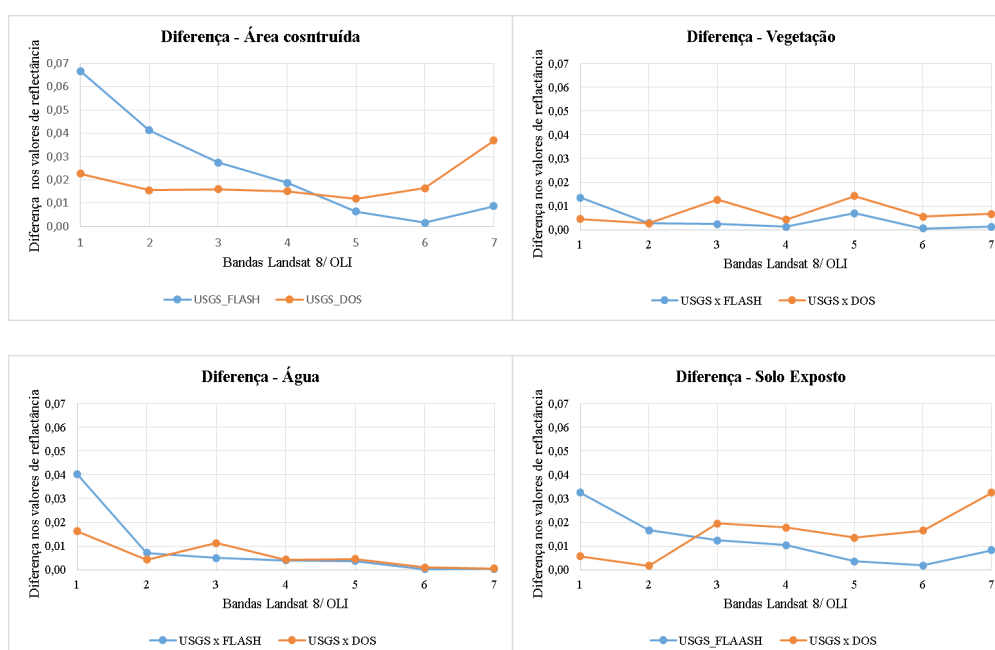
Assim, tendo como referência a imagem de reflectância de superfície USGS como verdadeiros foram realizadas duas subtrações entre os valores de reflectância de superfície USGS e FLAASH e subtração USGS e DOS. Os resultados foram os valores de diferença entre os métodos para as sete bandas consideradas neste trabalho (Figura 3).

Na classe área construída os valores das diferenças entre USGS e FLAASH apresentaram-se maiores do que USGS e DOS nas bandas 1, 2, 3 e 4. Sendo que a partir do infravermelho próximo as diferenças entre USGS e DOS foram maiores.

Para a classe vegetação as maiores diferenças ocorreram entre USGS e DOS, no entanto, na banda 1 a diferença entre DOS e USGS foi menor do que a diferença entre USGS e FLAASH, sendo que na banda 2 as duas comparações apresentaram valores parecidos.

Nas amostras de água a diferença entre USGS e DOS foram menores nas bandas 1 e 2, na banda 3 registou valores maior que USGS e FLASH, e nas demais bandas as diferenças apresentaram-se praticamente iguais.

Pode-se dizer que as assinaturas espectrais do solo exposto e área urbana são parcidas. No entanto, quando foram analisadas as diferenças entre os métodos de correções foi verificado que não foram semelhantes. Na classe solo exposto, as diferenças entre USGS e DOS foram inferiores somente nas bandas 1 e 2 e aumentaram a partir da banda 3. Na classe área construída os valores foram maiores somente para as bandas 5, 6 e 7.



**Figura 3** – Diferenças da reflectância de superfície entre USGS e FLAASH e USGS e DOS.

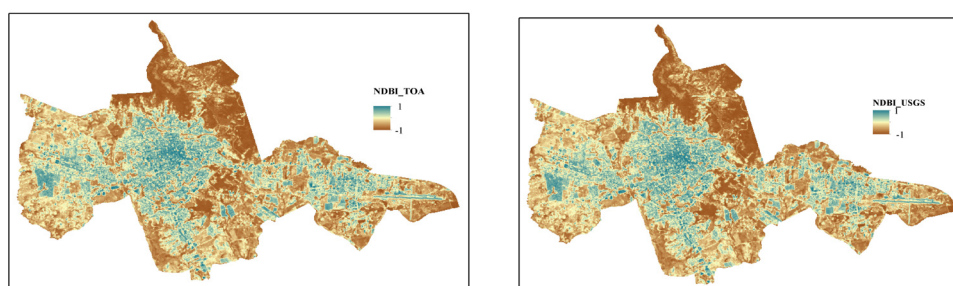
Em uma análise geral foi possível observar que os valores das diferenças entre USGS e FLAASH foram as menores para a maioria da bandas nas classes vegetação, água e solo exposto. Sendo que a diferença entre USGS e DOS só foi menor para a classe área construída e nas bandas 1, 2, 3 e 4. A diferença entre USGS e FLAASH foram menores para esta classe nas bandas do infravermelho próximo e de ondas curtas, o que torna o método FLAASH mais adequado para estudos urbanos, já que geralmente as bandas consideradas para composições coloridas (melhor contraste na área urbana) bem como para a geração do NDBI consideram as bandas do infravermelho próximo e de ondas curtas.

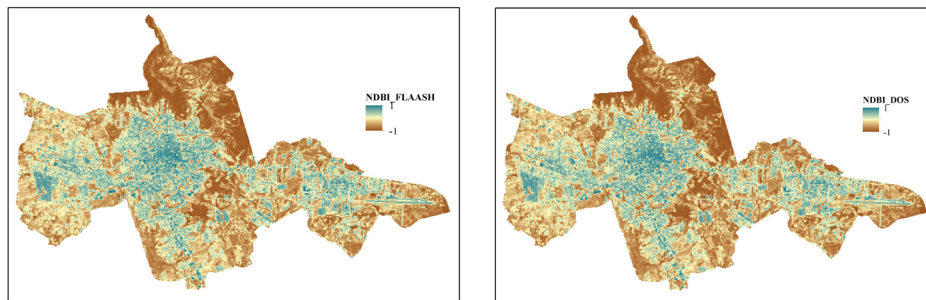
### 3.3. Comparação entre os valores NDBI para classe área construída

A figura 4 apresenta os resultados do NDBI gerado para as quatro imagens abordadas neste estudo. Os valores de NDBI variam de -1 a 1, sendo que os maiores valores indicam a existência de áreas construídas na área considera. A partir das quatro imagens de NDBI é possível verificar que visualmente não existem diferenças entre elas.

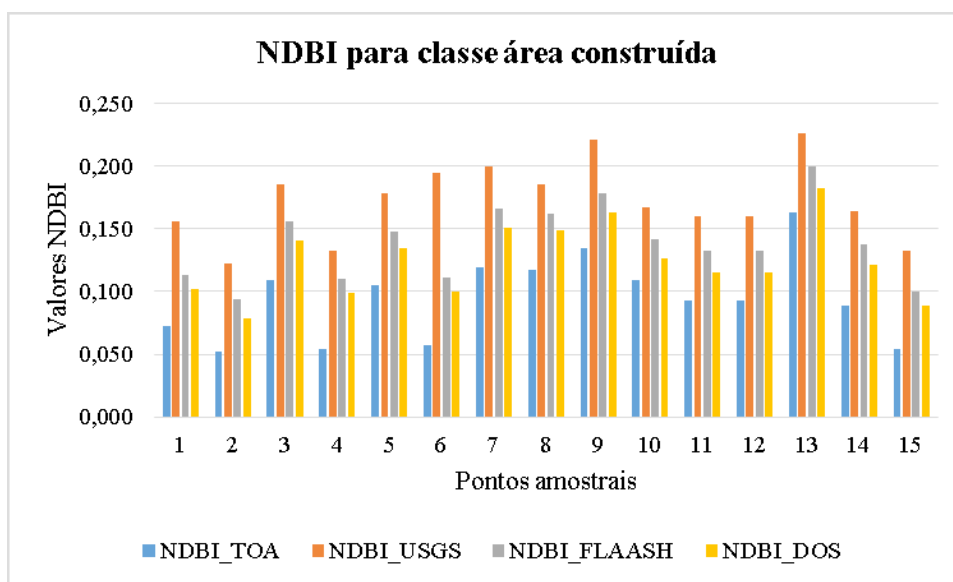
No entanto, ao analisar os 15 valores de NDBI para as amostras de áreas construídas coletadas foi possível verificar diferenças entre os valores de NDBI das imagens corridas pelos dois métodos. Os menores valores de NDBI foram identificados na imagem de reflectância aparente para todas as amostras. Já a imagem de Reflectância de superfície USGS apresentou os maiores valores de NDBI para as 15 amostras de área urbanizada. A imagem corrigida com o método DOS apresentou os menores valores entre as imagens de reflectância de superfície (Figura 5).

Tomando a imagem de NDBI USGS como referência foram calculadas as diferenças desta em relação as obtidas com os dois métodos de correção. Assim foi possível verificar que os valores de NDBI da imagem FLAASH apresentara menor diferença em relação à imagem USGS. Este fato, pode ser explicado porque as diferenças entre as imagens de reflectância de superfície USGS e FLAASH foram menores para as bandas 5, 6, e 7 do que a comparação USGS x DOS. Como as bandas utilizadas para o cálculo do NDBI foram as 5 e 7, conseqüentemente, os valores de NDBI FLAASH são mais próximo dos valores de NDBI USGS.





**Figura 4** – Espacialização das áreas construídas na cidade de Santa Maria a partir do NDBI.



**Figura 5** – Valores de NDBI da classe área construída para as imagens de Reflectância aparente e Reflectância de Superfície.

#### 4 | CONCLUSÕES

A partir do desenvolvimento deste estudo foi possível estimar as diferenças entre as imagens de reflectância de superfície disponibilizadas pela USGS e as imagens corrigidas com os métodos FLAASH e DOS. Neste sentido, as menores diferenças entre os valores de reflectância de superfície foram encontradas entre as imagens USGS e FLAASH para os alvos vegetação, água e solo exposto (bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7), sendo que as diferenças entre as imagens USGS e DOS foram menores para as bandas 1, 2, 3 e 4 na classe área construída e bandas 1 e 2 para os demais alvos.

Estudos que necessitam conhecimento das grandezas físicas dos objetos a partir de imagens Landsat 8 contam com a disponibilidade de imagens já corrigidas em reflectância de superfície o que facilita o trabalho e garante maior confiabilidade, já que dados disponibilizados pela USGS podem ser considerados mais precisos, pois são desenvolvidos algoritmos e parâmetros de correção especialmente para as imagens Landsat 8. No entanto, se houver a necessidade de conversão dos valores ND para valores físicos e posterior correção, recomenda-se a correção pelo algoritmo



FLAASH, pois este apresentou valores mais próximos da imagem referência.

Para estudos urbanos que visam a utilização do índice NDBI também recomenda-se a imagem corrigida pelo FLAASH, pois os valores de reflectância foram mais próximos aos da imagem referência, bem como a diferença entre os valores de NDBI entre a imagem USGS e FLASH foram menores para classe área construída. Assim, é possível afirmar que diferentes métodos de correção podem gerar diferentes valores de reflectância de superfície e NDBI para os mesmos alvos.

De acordo com a literatura, a atmosfera tem influência sobre os valores de radiância registrados nos sensores de sensoriamento remoto e para tentar minimizar essa interferência foram desenvolvidos diferentes métodos de correção. No entanto, surge a questão: será que aplicando tais métodos sobre as imagens realmente obtém-se imagens com o verdadeiro valor físico dos diversos alvos presentes na superfície terrestre? E se a correção for considerada imprescindível, qual o método utilizar? Para a área de estudo do presente trabalho e imagem Landsat8 o método FLAASH foi considerado mais adequado, no entanto, mais estudos devem ser desenvolvidos considerando diferentes áreas e imagens.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq por bolsa a primeira autora e por bolsa de produtividade em pesquisa ao último autor.

## REFERÊNCIAS

ALDLER-GOLDEN, S.M.; MATTHEW, M.W.; BERNSTEIN, L.S.; LEVINE, R.Y.; BERK, A.; RICHTSMIEIER, S.C.; ACHARYA, P.K.; ANDERSON, G.P.; FELDE, G.; GARDNER, J.; HIKE, M.; JEONG, L.S.; PUKALL, B.; Mello, J.; RATKOWSKI, A.; BURKE, H. Atmospheric correction for shortwave spectral imagery based on MODTRAN4. *SPIE Proc. Imaging Spectrometry*, v. 3753, p. 61-69, 1999.

CHÁVEZ, J. P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*. New York, v.24, p. 459-479, 1988.

COUTO JUNIOR, A. F.; Meneses, P. R.; Sano, E. E. Desempenho da correção atmosférica baseada no algoritmo FLAASH e sua avaliação para o processamento digital de imagens do sensor Landsat 7-ETM+ dentro do Bioma Cerrado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2011. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 7317-7323. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1610.pdf> > Acesso em 18 de set. 2016.

FRANÇA, A. F. de; TAVARES Junior, A. R.; MOREIRA FILHO, J.C.C. Índices, NDVI, NDWI, NDBI como ferramentas ao mapeamento temático do entorno da lagoa olho D'Água, em Jabotão dos Gauraraões-PE. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2012, Recife. **Anais...** IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2012. Artigos, p.001-009.

FRAGAL, E. H.; MONTANHER, O. C. Correções atmosféricas 6s e DOS na caracterização espectral

de alvos naturais de Ilha Grande utilizando dados do sensor TM 5. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2011. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 7456-7463. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1022.pdf> > Acesso em 18 de set. 2016.

LATORRE, M.; Carvalho Júnior, O. A.; Carvalho, A. P. F.; Shimabukuro, Y. E. Correção Atmosférica: Conceitos e Fundamentos. **Espaço & Geografia**, v. 5, n. 1, p. 153–178, 2002.

LIU, K.N. **An Introduction to atmospheric radiation**. New York: Academic Press, 1980. 392p.

LU, D.; MAUSEL, P.; BRONDIZIO, E.; MORAN, E. Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 13, p. 2651-2671, 2002.

MATTHEW, M.W.; ADLER-GOLDEN, S.M.; BERK, A. Atmospheric correction of spectral imagery: Evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data. In: 31st Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, 2002. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1182270> > Acesso em 20 de set. 2016.

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

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Ed. A. Silva Vieira. 2007. 1280p.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **Provisional Landsat 8 Surface Reflectance Code (LaSRC) Product**. Versão 3.3. Disponível em: <[http://landsat.usgs.gov/documents/provisional\\_lasrc\\_product\\_guide.pdf](http://landsat.usgs.gov/documents/provisional_lasrc_product_guide.pdf)> Acesso em outubro de 2016.

XU, H. Extraction of urban built-up Land features form Landsat imagery a thematic-oriented index combination technique. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 73, n. 12, p. 1381-1391, 2007.

ZHA, Y. J. GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**. v. 24, n.3, p.583-594, 2003.

ZULLO JUNIOR, J.; Bezerra, P. C.; Guyot, G.; Gu, X. Importância prática da correção atmosférica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8. 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. Artigos, p. 977-978. On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em < <http://martem.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.02.11.25/doc/T191.pdf> > Acesso em 15 ago. 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