



**Comparativo do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) entre os Sensores OLI - Satélite Landsat-8 e MSI – Satélite Sentinel-2 em Região Semiárida**  
Comparison of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Between the Sensors OLI-Landsat Satellite-8 and MSI-Sentinel-2 Satellite in Semi-Arid Region

Ulisses Alencar Bezerra<sup>1</sup>; Leidjane Maria Maciel de Oliveira<sup>1</sup>; Ana Lúcia Bezerra Candeias<sup>1</sup>;  
Bernardo Barbosa da Silva<sup>2</sup>; Antônio Celso Leite de Sousa Leite<sup>1</sup> &  
Luisa Thaynara Muricy de Souza Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências (CTG).

Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Av. Acadêmico Hélio Ramos, S/N  
Cidade Universitária - 50.740-530 - Recife, Pernambuco - Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais,  
Rua Aprígio Veloso, n.882, 58429-900 Campina Grande, Paraíba - Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal Pernambuco, Centro de Acadêmico do Agreste.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental.

Rodovia BR-104 km 59 S/N - Nova Caruaru, CEP. 55.014-900 - Caruaru, Pernambuco - Brasil

E-mails: [ulisses.alencar17@gmail.com](mailto:ulisses.alencar17@gmail.com); [leidjaneoliveira@hotmail.com](mailto:leidjaneoliveira@hotmail.com); [analucia@ufpe.br](mailto:analucia@ufpe.br);  
[bernardo.silva@ufcg.edu.br](mailto:bernardo.silva@ufcg.edu.br); [antoniocelsoleite@gmail.com](mailto:antoniocelsoleite@gmail.com); [luisataynara12@hotmail.com](mailto:luisataynara12@hotmail.com)

Recebido em: 10/05/2018 Aprovado em: 24/09/2018

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2018\\_3\\_167\\_177](http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_167_177)

## Resumo

O uso de técnicas de sensoriamento remoto em apoio aos estudos ambientais se tornou comum nos últimos anos, e a disponibilidade de imagens de satélites de forma gratuita também tem impulsionado esse crescimento. A utilização de imagens orbitais para realização destes estudos permite uma redução dos custos envolvidos, maior agilidade e constância no acesso aos dados e, consente, uma avaliação holística, analisando com maior precisão e detalhamento diversas componentes ambientais presentes na região de interesse. Este artigo buscou analisar as respostas espectrais, nas bandas do visível e infravermelho e comparar valores do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) obtidos pelos sensores OLI - Landsat 8 e MSI - Sentinel 2, na região semiárida que compreende parte do território da bacia hidrográfica do rio Moxotó. Ao se analisar a resposta espectral de cada um dos sensores fica evidenciado que existem diferenças entre as bandas que proporcionam o cômputo do NDVI, que são as bandas do vermelho e infravermelho próximo que poderiam gerar valores diferentes de um mesmo índice, numa mesma área. Apesar das diferenças espectrais e espaciais existentes entre os sensores ópticos Landsat-8/OLI e Sentinel-2/MSI, apresentaram momentos estatísticos próximos entre as bandas comparadas. O NDVI no período estudado apresentou valores médios para o Landsat-8 e Sentinel-2 iguais a 0,383 e 0,387, respectivamente, e uma correlação forte igual a 0,871 entre os sensores. O sensor MSI - Sentinel-2 permitiu um maior delineamento dos alvos devido à sua maior resolução espacial, possibilitando maior confiança para monitoramento e gestão do meio ambiente.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto; OLI; MSI; NDVI

## Abstract

The use of remote sensing techniques in support of environmental studies has become common in recent years, and the availability of satellite images for free has also boosted this growth. The use of orbital images for the accomplishment of these studies allows a reduction of the costs involved, greater agility and constancy in the access to the data and, it consents, a holistic evaluation, analyzing with more precision and detail several environmental components present in the region of interest. This paper aimed to analyze the spectral responses in the visible and infrared bands and to compare values of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) obtained by the OLI - Landsat 8 and MSI - Sentinel 2 sensors in the semi - arid region that comprises part of the territory of the basin of the Moxotó river. When analyzing the spectral response of each of the sensors, it is evident that there are clear differences between the bands that provide the computation of the NDVI, which are the red and near infrared bands that could generate different values of the same index in the same area. Despite the differences between the Landsat-8 / OLI and Sentinel-2 / MSI optical sensors, they presented similar statistical moments between the bands compared. The NDVI in the studied period presented mean values for Landsat-8 and Sentinel-2 equal to 0.383 and 0.387, respectively, and a strong correlation equal to 0.871 among the sensors. The MSI-Sentinel-2 sensor allowed a greater delineation of the targets due to its greater spatial resolution, allowing greater confidence for monitoring and management of the environment.

**Keywords:** Remote Sensing; OLI; MSI; NDVI

## 1 Introdução

Desde o surgimento do Sensoriamento Remoto (SR) orbital na década de 1970 até os dias atuais, verifica-se constante aprimoramento dos sistemas sensores. Eles se tornaram mais eficazes e propícios de observar remotamente os mais distintos alvos presentes na superfície terrestre (Jensen, 2011; Anjos, 2016). A aplicação das técnicas de SR de fato tem sido muito utilizada para monitoramento e mapeamento dos recursos naturais, permitindo assim, uma visão holística da área mapeada, e sendo o instrumento de análise na alteração dinâmica da paisagem em escala temporal (Jensen, 2011; Oliveira *et al.*, 2013). Para Pereira *et al.* (2016), com o crescimento do SR, surgiu uma série de sensores voltados para estudos de recursos naturais terrestres. A expansão deste tipo de tecnologia se deve ao fato da qualidade dos produtos, assim como a disponibilidade, pois podem ser adquiridos de forma gratuita e online pelos usuários.

O satélite Landsat-8, lançado em 2013, aprimorou a capacidade de imagem desta série, apresentando novas faixas espectrais nas faixas de infravermelho, azul e de onda curta (SWIR), além de melhorar a relação sinal/ruído do sensor e a resolução radiométrica das imagens. O sensor *Operational Land Imager* (OLI) fornece imagens ópticas com 30 m de resolução espacial, faixa imageada de 185 km, oito bandas espectrais e dezesseis dias de resolução temporal (Zhu & Woodcock, 2014; Sothe *et al.*, 2017).

Neste contexto da evolução dos sensores, o satélite Sentinel-2, lançado em 2015, apresenta um sensor multiespectral de resolução espacial média/alta produzido pela Agência Espacial Europeia (ESA). Seu sensor, o *MultiSpectral Instrument* (MSI), apresenta uma larga faixa imageada (290 km), boa resolução temporal (cinco dias, com dois satélites), resolução espacial alta e média (10, 20 e 60 m) e possui treze bandas espectrais abrangendo comprimentos de onda de 0,4 a 2,2  $\mu\text{m}$  (Drusch *et al.*, 2012; Sothe *et al.*, 2017).

A observação da Terra a longo prazo utilizando numerosos sensores a bordo de satélite

é uma forma eficaz de monitorar e caracterizar variações na superfície terrestre. Índices de vegetação derivados de dados de satélite têm sido amplamente utilizados para avaliar variações no estado fisiológico e propriedades biofísicas de vegetação (Tucker, 1979; Huete *et al.*, 2002 She *et al.*, 2015). No entanto, devido às várias características do sensor, existem diferenças entre índices espectrais derivados de múltiplos sensores para o mesmo alvo (Gallo *et al.*, 2005; Chander *et al.*, 2009; Trishchenko, 2009; She *et al.*, 2015).

O recurso de cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), demonstra ser uma ferramenta muito importante e conveniente tanto em análises de dinâmica temporal como em análises mais simplificadas da vegetação. Segundo Robinson *et al.* (2017), o NDVI é indiscutivelmente o índice espectral de detecção remota mais amplamente utilizado para monitorar a superfície terrestre.

De acordo com Li *et al.* (2016), os sensores MSI e OLI, juntos formam uma fonte importante para melhor contribuição de observação multiespectral com cobertura global e com acesso livre e aberto. Entretanto, o maior desafio de usar dados de sensoriamento remoto de múltiplas fontes, é a intercalibração entre diferentes instrumentos.

Considerando que o Sentinel-2 é um satélite recente, estudos para investigar seu potencial para aplicações ambientais, utilizando índices espectrais, ainda são poucos e incipientes. Entre os trabalhos publicados comparando o Sentinel-2 com outros satélites, destacam-se a pesquisa de Li *et al.* (2016), que avaliaram a calibração cruzada dos sensores MSI e OLI, baseados em alvos comuns no deserto do Saara; Flood (2017) comparou o Sentinel-2 e Landsat 7 e 8 por meio da reflectância de superfície; e também Sothe *et al.* (2017), que avaliaram os dados do Sentinel-2 e Landsat-8 para sucessão de florestas subtropicais no Brasil.

Diante do exposto esta pesquisa objetivou analisar as respostas espectrais entre os sensores OLI e MSI, nas bandas do visível e infravermelho e nos resultados do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI), na região semiárida que com-

preende parte do território da bacia hidrográfica do rio Moxotó, entre os municípios de Custódia, Sertânia e Ibirimir no estado de Pernambuco.

## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Área de Estudo

A área do estudo compreende parte do território da bacia hidrográfica do rio Moxotó, entre os municípios de Custódia, Sertânia e Ibirimir conforme apresentado na Figura 1. Esta bacia compreende uma área de 9.752,71 Km<sup>2</sup>, com 90% nos territórios em Pernambuco e acrescentando-se o restante de sua área ao estado de Alagoas. A bacia hidrográfica localiza-se entre as coordenadas 07°52'21" e 09°19'03" de latitude Sul, e 36°57'49" e 38°14'41" de longitude Oeste, e está inserida na Unidade de Planejamento Hídrico UP8 (APAC, 2017).

### 2.2 Processamento Digital das Imagens

Neste trabalho foram obtidas imagens da área de estudo dos dias 04/08/2017 do satélite Sentinel-2, e 15/08/2017 do satélite Landsat-8, adquiridas gratuitamente no portal *Earth Explorer* da USGS (*United States Geological Survey*).

Foram selecionadas imagens com pouca cobertura de nuvens e com data de aquisição o mais

próximo possível de ambos os satélites. Para o processamento das imagens, determinação do índice de vegetação e cartas georreferenciadas, foram utilizados os softwares de livre acesso SPRING versão 5.2.7 e QGIS versão 2.14.18.

Para o reconhecimento dos índices pluviométricos na área de estudo, utilizaram-se dados de precipitação obtidos no site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) para o mês de agosto do ano de 2017 das estações pluviométricas Custódia, Sertânia e Ibirimir (Figura 2).

Ao se analisar os dados de precipitação para o período de 04/08/2017 a 15/08/2017 (datas de aquisição das imagens) a contribuição pluviométrica não

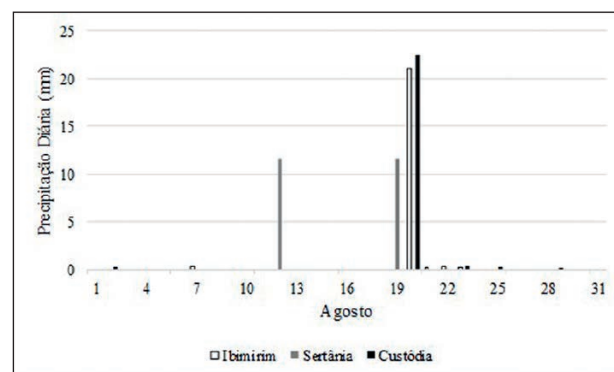


Figura 2 Dados pluviométricos diários de agosto/2017. Fonte: APAC (2017).

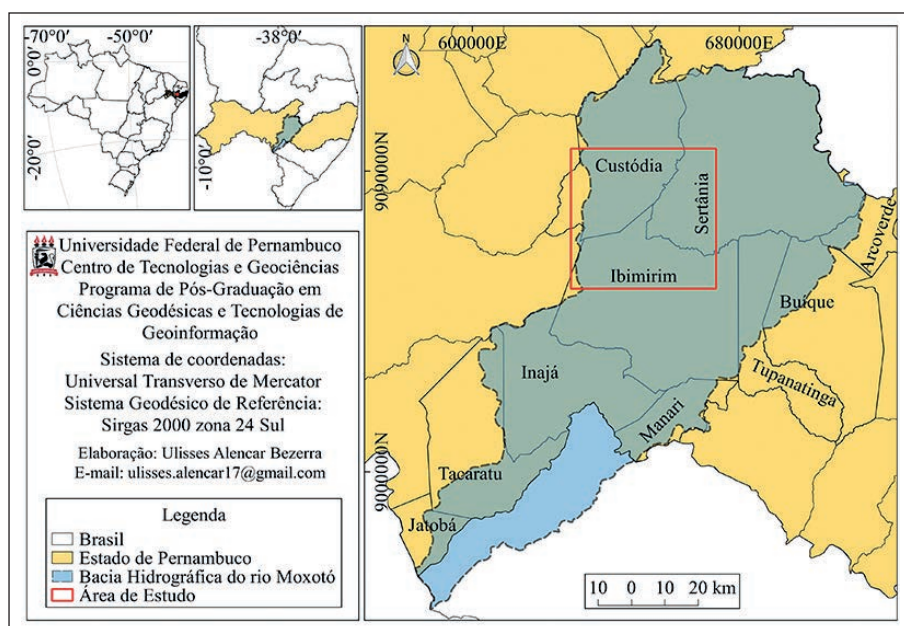


Figura 1 Localização da área de estudo.

foi significativa ao ponto que alterasse o vigor vegetativo da vegetação.

Na Tabela 1 estão representadas algumas características dos satélites Landsat-8 sensor OLI e Sentinel-2 sensor MSI, e as bandas utilizadas neste estudo.

Características	Landsat-8	Sentinel-2
Número de Bandas	8 (OLI) 2 (TIRS)	13 (MSI)
Resolução Radiométrica	16 bits	12 bits
Resolução Temporal	16 dias	5 dias
Banda do Azul (B)	B2 (0,45–0,51 $\mu\text{m}$ ) 30m	B2 (0,46–0,52 $\mu\text{m}$ ) 10m
Banda do Verde (G)	B3 (0,53-0,59 $\mu\text{m}$ ) 30m	B3 (0,54-0,58 $\mu\text{m}$ ) 10m
Banda do Vermelho (R)	B4 (0,64–0,67 $\mu\text{m}$ ) 30m	B4 (0,65–0,68 $\mu\text{m}$ ) 10m
Banda Infravermelho próximo (NIR)	B5 (0,85–0,88 $\mu\text{m}$ ) 30m	B8 (0,78–0,90 $\mu\text{m}$ ) 10m

Tabela 1 Características espaciais e espectrais do Landsat-8 OLI e Sentinel-2 MSI (ESA, 2017).

As respostas espectrais médias das bandas utilizadas neste trabalho para os sensores MSI e OLI foram adquiridas através do site da USGS (<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-spectral-viewer>) e são detalhadas na Figura 3. Em geral, as larguras de banda do OLI, na região do visível, são semelhantes as correspondentes larguras de banda do MSI.

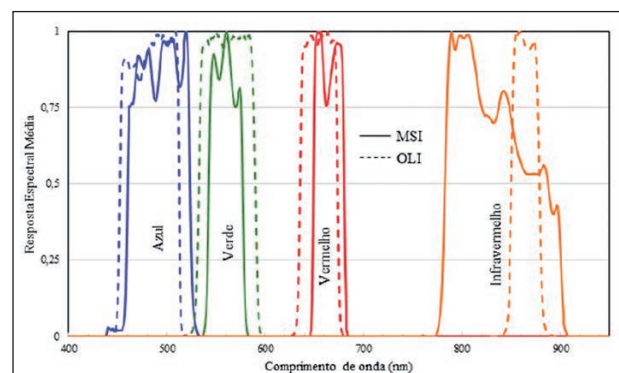


Figura 3 Resposta espectral associada às bandas do visível e infravermelha próximo do MSI e OLI. Linhas contínuas indicam o sensor MSI e as linhas tracejadas indicam o sensor OLI. Fonte: USGS.

Como pode ser observado na Figura 3 e Tabela 1, a banda vermelha do MSI apresenta a mesma variação de comprimento de onda (0,03  $\mu\text{m}$ ) que o sensor OLI, apesar que seu início e término sejam díspares, e apresenta regiões com menor resposta que a apresentada pelo OLI. No

entanto, há uma diferença muito expressiva em relação à banda que cobre o infravermelho. A banda 8 do MSI se mostra muito mais larga e com resposta que diminui de 800 nm a 900 nm, semelhante ao Landsat 7 (She *et al.*, 2015). A largura da banda do OLI é muito mais estreita e com resposta mais uniforme e elevada. Como essas duas bandas são empregadas para gerar o NDVI, se faz necessário avaliar se haveria algum comprometimento nos valores do NDVI entre áreas com vegetação de alta e baixa densidade, em especial em áreas de clima semiárido.

Para processamento das imagens, é fundamental que se faça a conversão de números digitais (ND) para valores de reflectância. O ND pode ser definido como a intensidade do pixel e sua amplitude muda de acordo com a resolução radiométrica do sensor. Os níveis digitais são relacionados com a intensidade da energia radiante refletida através de um modelo linear (calibração). Contudo, não são diretamente comparáveis entre satélites diferentes devido às diferenças na calibração dos sensores (Robinson, 1982; Brito Neto *et al.*, 2008).

Os valores físicos derivados dos números digitais são: a radiância e a reflectância. As radiâncias representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medidas pelo satélite (Bastiaanssen *et al.*, 2000). Em contrapartida, Pereira *et al.* (1996) argumentaram que a reflectância possibilita um melhor monitoramento do comportamento de uma determinada cobertura, uma vez que mudanças na sua resposta espectral estariam relacionadas somente às mudanças nas propriedades estruturais/espectrais da cobertura e não às mudanças no ângulo de iluminação solar ou variações dos sensores (degradação).

São perceptíveis a importância e a utilidade de se determinar os valores de reflectância de imagens de satélite. Na prática, os valores de reflectância podem ser entendidos como a base para executar inúmeras aplicações do sensoriamento remoto, como índices biofísicos a exemplo do NDVI, SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) e o LAI (*Leaf Area*

Index), bem como determinação do Albedo de superfície, no qual é de suma importância em estudos de mudanças climáticas, desertificação, queimadas e meio ambiente em geral.

### 2.2.1 Landsat-8 – OLI

A reflectância monocromática foi calculada com as bandas correspondentes do sensor OLI utilizadas no estudo. Para tanto, os números digitais de cada pixel e banda,  $Q_{cal}$ , foram convertidas para reflectância planetária a partir do coeficiente de reescalonamento de reflectância informado no arquivo metadados da imagem (*MTL file*), utilizando a Equação 1.

$$\rho\lambda'_i = M_{pi} * Q_{cal} + A_p \quad (1)$$

onde: é a reflectância planetária sem a correção do ângulo solar;  $M_{pi}$  é o fator multiplicativo de cada banda, encontrado no arquivo metadados (REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_i);  $A_p$  é o coeficiente de adição encontrado no arquivo metadados (REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_i); i refere-se ao número da banda;  $Q_{cal}$  são os números digitais correspondentes a cada banda da imagem.

Porém, se faz necessário corrigir a reflectância de acordo com o ângulo zenital utilizando a Equação 2 (USGS, 2016; Ruhoff *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2016):

$$\rho\lambda_i = \frac{\rho\lambda'_i}{\text{Sen}(\theta_{SE}) * \left(\frac{1}{d^2}\right)} \quad (2)$$

onde: é a reflectância planetária com a correção do ângulo zenital; é o ângulo de elevação solar; d é a distância Terra-Sol em Unidade Astronômica, presente no arquivo metadados.

### 2.2.2 Sentinel-2 – MSI

De acordo com a Agência Espacial Europeia (ESA, 2017), as imagens do Sentinel-2 sensor *Multispectral Instrument* (MSI) Nível 1C, aquelas que estão disponíveis para os usuários, já são fornecidas na reflectância Topo de Atmosfera (*Top-Of-Atmosphere* - TOA). A fórmula de conversão para aplicar

aos ND da imagem para obter valores físicos é obtida pela seguinte equação:

$$\rho\lambda_i = \frac{DC}{\text{Quantification\_Value}} \quad (3)$$

onde: é a reflectância planetária, são os números digitais correspondentes a cada banda, é o coeficiente presente no arquivo metadados.

### 2.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Após a correção da reflectância, foi estimado o índice de vegetação NDVI, utilizando a Equação 4, por meio da reflectância corrigida dos canais infravermelho próximo ( $\rho_{iv}$ ) e vermelho ( $\rho_v$ ), bandas 5 e 4, do sensor OLI Landsat-8, e 8 e 4 do sensor MSI Sentinel-2.

O NDVI é obtido através da razão entre a diferença das reflectâncias do infravermelho próximo ( $\rho_{iv}$ ) e do vermelho ( $\rho_v$ ), e a soma das mesmas, ou seja:

$$NDVI = \frac{(\rho_{iv} - \rho_v)}{(\rho_{iv} + \rho_v)} \quad (4)$$

O NDVI foi desenvolvido por Rouse *et al.* (1973), e constitui elemento importante para o estudo de mudanças ambientais, utilizando a vegetação como índice de cálculo, atribuindo à área estudada um determinado valor que dependerá do estado em que se encontra essa vegetação. Conforme Ponzoni, Shimabukuro & Kuplich (2012), valores negativos de NDVI correspondem a água; valores muito próximos de 0 correspondem a superfície não vegetada; e quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação.

A avaliação do desempenho da aplicação do NDVI nos satélites foi realizada com base nos índices estatísticos, média, desvio padrão, variância, coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), e por meio da análise do percentual de cada classe em ambos os sensores estudados.

## 3 Resultados e Discussão

Na Figura 4 são apresentados os histogramas e os parâmetros estatísticos das bandas utilizadas neste estudo referentes aos sensores OLI e MSI, após a conversão de ND para valores de reflectância.

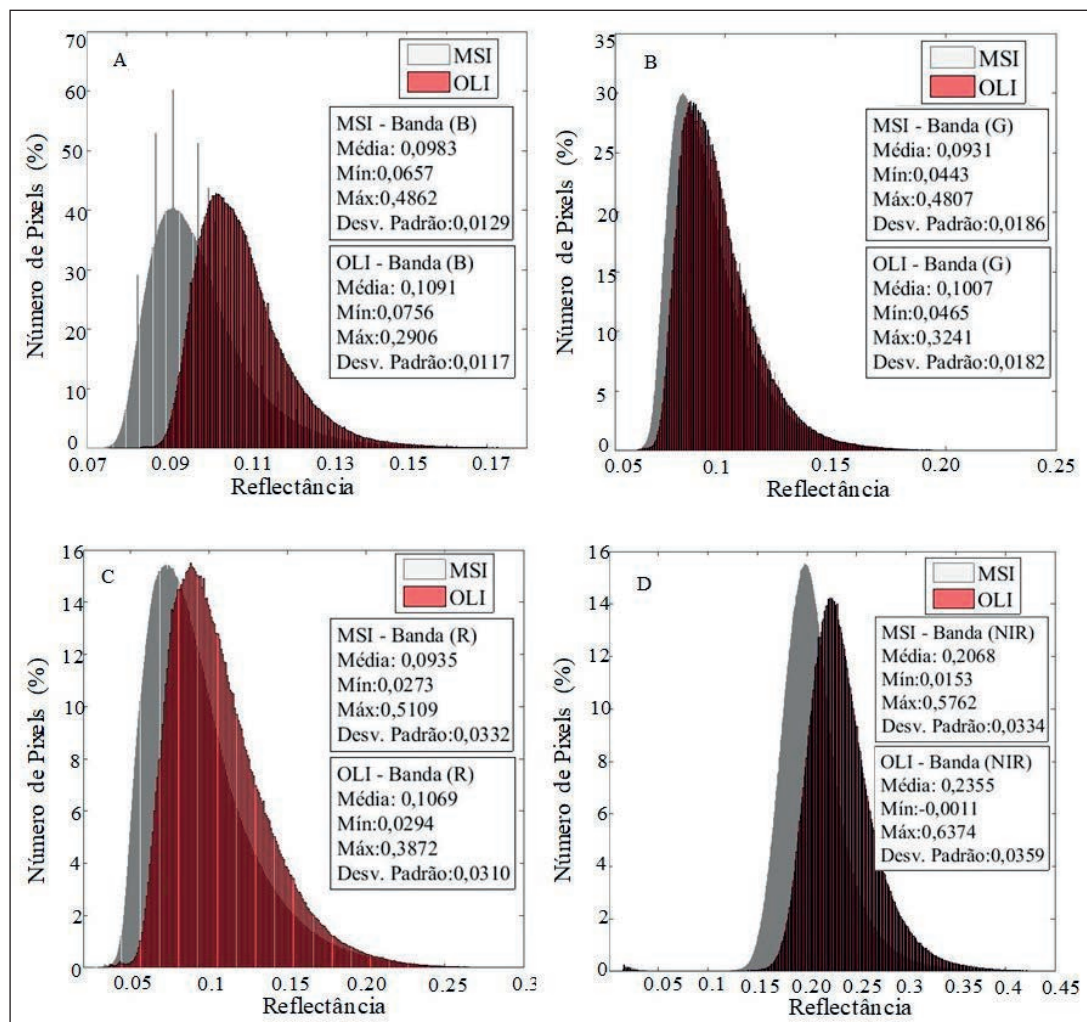


Figura 4 Histogramas dos sensores MSI e OLI associadas às bandas do visível e infravermelho próximo em termos de reflectância. (A) Banda Azul, (B) Banda Verde, (C) Banda Vermelho e (D) Banda Infravermelho.

Ao se analisar os histogramas e as respectivas estatísticas entre os sensores OLI e MSI, representados na Figura 4, observa-se que a diferença mais acentuada entre os histogramas ocorre na banda azul, embora bem perceptível nas bandas vermelho e infravermelho próximo. A banda verde, por sua vez, é a que apresenta maior concordância entre os dois sensores. Fica evidenciado haver diferenças entre os produtos gerados por cada sensor, o que corrobora com os estudos de Pahlevan et al. (2017), que afirmam que tais diferenças podem ser atribuídas as condições atmosféricas, as geometrias de imagem e, o que é mais provável, ao desempenho dos sensores.

Uma vez analisadas as bandas espectrais entre os sensores, o próximo passo foi o cálculo do NDVI. De acordo com Chouhan & Rao (2011), valores ne-

gativos de NDVI correspondem a corpos d'água, valores muito baixos (0,1 e abaixo) correspondem a áreas estereis de rocha ou areia. Valores moderados representam arbustos e pastagens (0,2 a 0,3), enquanto valores altos indicam florestas ou vegetação mais densa (0,6 a 0,8). Baseado nas informações descritas acima e com o intuito de padronizar as cartas georreferenciadas do NDVI, dentro de uma mesma classificação, as categorias de cada carta georreferenciada foram estabelecidas conforme a Tabela 2.

Classes	Valor	Classes	Valor	Classes	Valor
Classe 1	< 0,00	Classe 4	0,16 – 0,20	Classe 7	0,31 – 0,45
Classe 2	0,01 – 0,10	Classe 5	0,21 – 0,25	Classe 8	0,46 – 0,60
Classe 3	0,11 – 0,15	Classe 6	0,26 – 0,30	Classe 9	> 0,61

Tabela 2 Valores de reflectância considerando os intervalos para as classes no índice NDVI.

Na Figura 5 foi possível observar o NDVI calculado pelos satélites Landsat-8 ( $NDVI_{OLI}$ ) e Sentinel-2 ( $NDVI_{MSI}$ ) para a área de estudo. Comparando-se o NDVI por ambos os satélites é possível constatar, visualmente que a carta do  $NDVI_{MSI}$  foi próxima ao  $NDVI_{OLI}$ .

Na Figura 6, são apresentados o histograma e o Boxplot, referentes ao NDVI de cada sensor.

Os histogramas (Figura 6A) referentes aos NDVIs dos sensores se mostraram visualmente similares, entretanto no sensor OLI entre o intervalo de 0,20 a 0,60 houve uma maior concentração de pixels

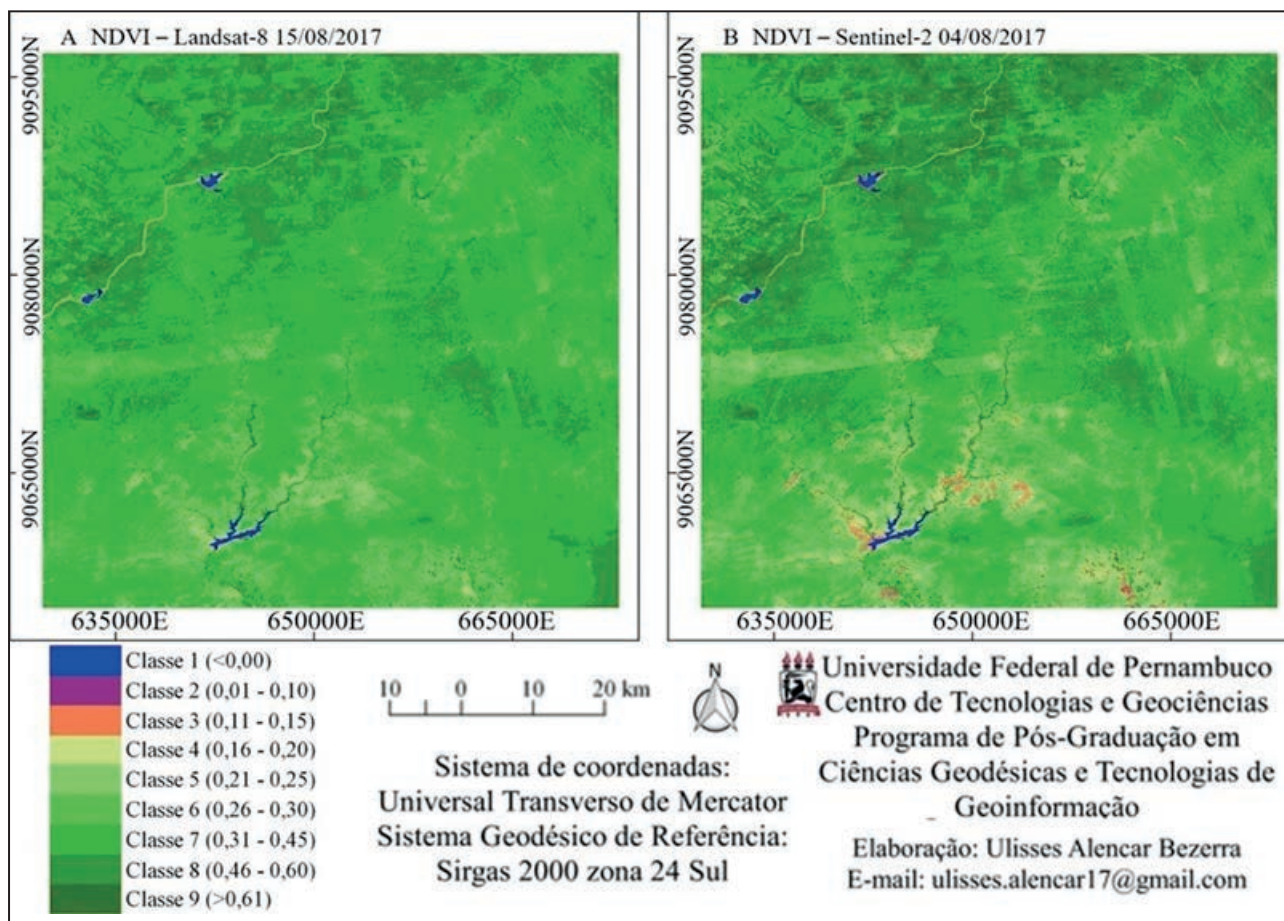
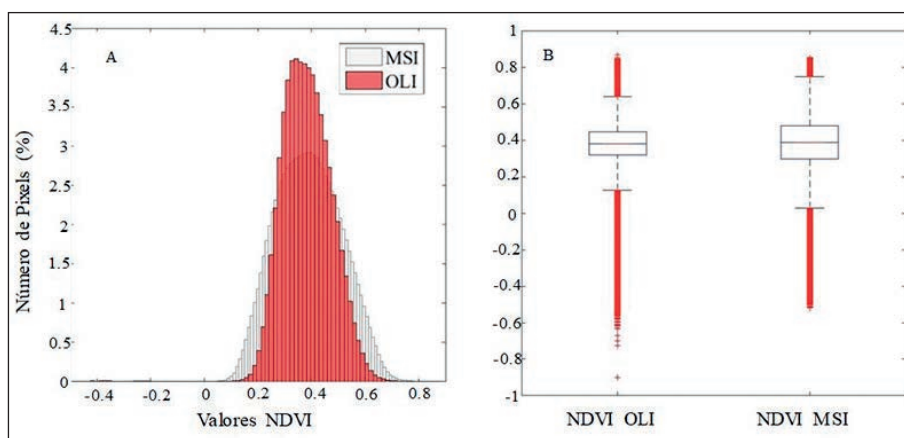


Figura 5 NDVI da área de estudo: (A) Satélite Landsat-8 e (B) Satélite Sentinel-2.

Figura 6 Histograma (A) e Boxplot (B) do NDVI dos sensores OLI e MSI.



quando comparado ao sensor MSI, fato que explica um maior agrupamento de algumas classes, a exemplo da classe 7 que obteve um maior percentual no sensor OLI (Tabela 4). Em relação ao Boxplot dos sensores (Figura 6B), ao se analisar a largura das caixas, ficou constatado que o sensor OLI obteve uma maior homogeneidade quanto a número de pixels de valores do NDVI, enquanto que o sensor MSI manteve-se mais heterogêneo. Evento que tem relação direta com a maior resolução espacial do sensor MSI e consequente maior discriminação de alvos.

A Tabela 3 apresenta os parâmetros estatísticos para os NDVI nos satélites Landsat-8 e Sentinel-2, contemplando valores menores que 0 (zero) indo até maiores que 0,868. Esses valores evidenciam feições na superfície terrestre com vegetação fotossinteticamente ativa relacionando a biomassa e o teor de clorofila presente (Carvalho Junior *et al.*, 2009)

Imagem	Mínimo	Média	Máximo	Desv. Padrão	Variância	r
NDV <sub>OLI</sub>	-0,891	0,383	0,868	0,095	0,009	0,871
NDVI <sub>MSI</sub>	-0,519	0,387	0,853	0,124	0,015	

Tabela 3 Valores estatísticos do NDVI de cada satélite.

Ao analisar os resultados mostrados na Tabela 3 e Figura 6 foi possível constatar que os valores médios (0,383 e 0,387) e os desvios padrão (0,095 e 0,124) encontrados no NDVI nos sensores foram próximos, e ao fazer a correlação entre os sensores observou-se um valor de 0,871, que de acordo com Callegari-Jacques (2003), foi possível afirmar que os dados comparados possuem uma forte correlação.

A Tabela 4 expressou o percentual de cada classe do NDVI nos satélites estudados, e constataram-se que as Classes 1, 2, 3 e 6 que seus valores foram próximos, e verificou-se que houve maiores discrepâncias entre os sensores nas Classes 5, 7 e 8 (0,21 – 0,25; 0,31 – 0,45 e 0,46 – 0,60), com diferenças de 3,78% na Classe 5, 15,54% na Classe 7 e 4,90% na Classe 8, apesar da alta correlação observada na Tabela 3.

Na Figura 7 foram apresentados alvos distintos e o comportamento nos NDVI<sub>OLI</sub> e NDVI<sub>MSI</sub>.

CLASSE	NDVI <sub>OLI</sub>		NDVI <sub>MSI</sub>	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Classe 1	340,11	0,186	410,38	0,225
Classe 2	49,77	0,027	276,55	0,151
Classe 3	145,62	0,080	2062,55	1,130
Classe 4	1247,40	0,683	7401,42	4,054
Classe 5	8130,96	4,454	15034,15	8,235
Classe 6	23824,44	13,050	21963,92	12,031
Classe 7	105811,56	57,958	77431,96	42,413
Classe 8	41320,08	22,633	50271,01	27,536
Classe 9	1694,79	0,928	7712,79	4,225
<b>TOTAL</b>	<b>182564,73</b>	<b>100</b>	<b>182564,73</b>	<b>100</b>

Tabela 4 Percentual de classes dos NDVI analisados no período analisado.

Segundo Pereira *et al.* (2016) em sensoriamento remoto por vezes atrela-se a discriminação de um alvo com a resolução espacial do sensor. De acordo com Silva (2003), a alta resolução espacial está associada à maior discriminação dos elementos, portanto a um número maior de observações. E o inverso também é válido, a baixa resolução está associada a uma pobre distinção dos objetos.

Desfrutando desta afirmativa, a alta resolução espacial do satélite Sentinel-2, permite uma melhor discriminação dos alvos, quando comparado ao Landsat-8 (Figura 7), a exemplo da Classe 2 (0,01 a 0,10), no qual o alvo área urbana foi melhor identificado pelo sensor MSI.

Esses resultados são justificados em razão dos pixels serem formados pela média de reflectância de um local ou pela feição que acaba apresentando maior reflectância. Como apontam Goldberg *et al.* (1999), cada pixel representa uma área, a quantidade de área contida dentro de cada pixel depende do tipo de sensor usado e do posicionamento do sensor. Quando ocorre de o valor de níveis de cinza representar mais de uma classe dentro do pixel, acaba sendo chamado de pixel de mistura (Caimi, 1993).

#### 4 Conclusões

Este estudo mostrou a análise entre as respostas espectrais entre os sensores OLI e MSI, nas bandas do visível e infravermelho próximo, e nos resul-



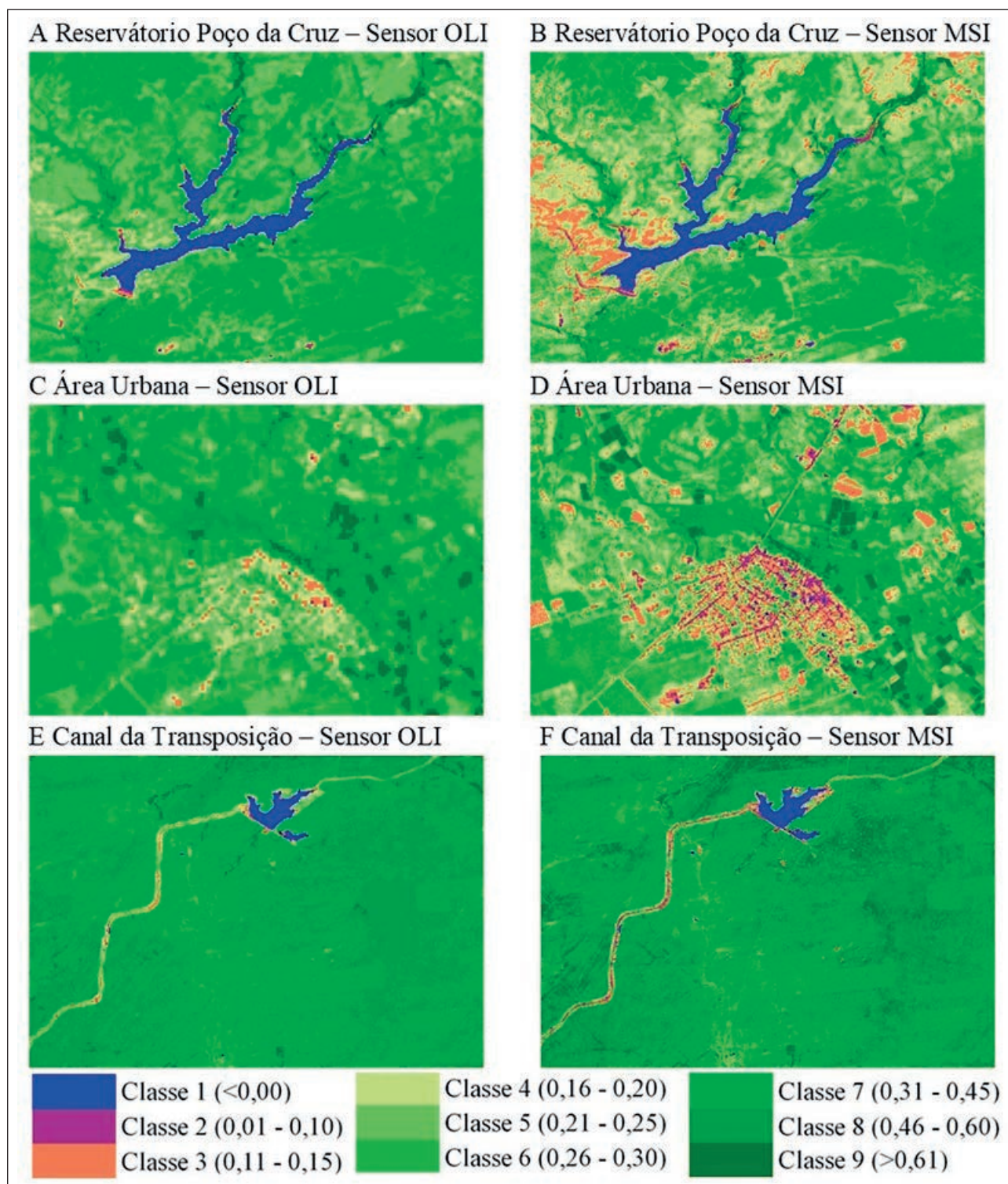


Figura 7 Comportamento no  $NDVI_{OLI}$  e  $NDVI_{MSI}$  em diferentes alvos: (A) e (B) Reservatório Poço da Cruz, (C) e (D) Área urbana e (E) e (F) Canal da Transposição.

tados do NDVI, em região semiárida. A análise dos dados revelou que, apesar das diferenças espectrais e espaciais dos produtos gerados entre os sensores ópticos Landsat-8/OLI e Sentinel-2/MSI, os mesmos apresentaram momentos estatísticos próximos entre as bandas comparadas. O NDVI no período estudado apresentou valores médios para o Landsat-8 e Sentinel-2 iguais a 0,383 e 0,387, respectivamente, e correlação de 0,871 entre os sensores. Constatou-se que os produtos gerados pelos sensores têm forte correlação e que o satélite Sentinel-2 permitiu, um maior delineamento dos alvos.

O Sentinel-2 tem grande potencial de uso e estudos com esse sensor vão contribuir substancialmente para o monitoramento e gestão das componentes do meio ambiente, com maior fidedignidade e precisão dos alvos.

Estudos com multisensores destacam características individuais de cada sensor, e vem a colaborar no desenvolvimento do Sensoriamento Remoto.

## 5 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo a pesquisa e concessão de bolsas Pós-Graduação, ao *United States Geological Survey* (USGS) e a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), por ceder o banco de dados utilizado no trabalho.

## 6 Referências

Agência Pernambucana de Águas e Climas - APAC. Sistema de Informação Geográfica. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/sighe/>>. Acesso: setembro de 2017.

Anjos, C.S. 2016. Classificação de áreas urbanas com imagens multiespectrais e hiperespectrais utilizando métodos não-paramétricos. Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: São José dos Campos, Tese de Doutorado, 335p.

Bastiaanssen, W.G.M.; Molden, D.J. & Makin, I.W. 2000. Remote sensing for irrigated agriculture: examples from research and possible applications. *International Water Management*, 46(2): 137-155.

Brito Neto, R.T.; Barros Filho, M.B.B.; Lopes, H.L & Pacheco, A.P. 2008. Determinação de valores físicos de imagens TM/Landsat- 5 utilizando a linguagem legal para obter índices de vegetação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO

DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOTECNOLOGIA, 2, Recife, 2008. Trabalhos completos, Recife, UFPE.

Caimi, D. 1993. O problema do pixel de mistura: um estudo comparativo. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, 104p.

Callegari-Jacques, S.M. 2003. Bioestatística: princípios e aplicações. Porto Alegre, Artmed. 255 p.

Carvalho Junior, O.A.; Couto Junior, A.F.; Silva, N.C. Da; Martins, E.S.; Carvalho, A.P.F. de & GOMES, R.A.T. 2009. Avaliação dos classificadores espectrais de mínima distância euclidiana e spectral correlation mapper em séries temporais NDVI-MODIS no campo de instrução militar de Formosa (GO). *Revista Brasileira de Cartografia*, 61(4): 399-412.

Chander, G.; Markham, B.L. & Helder, D.L. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5): 893–903.

Chouhan, R. & Rao, N. 2011. Vegetation detection in multispectral remote sensing images: Protective role-analysis of vegetation in 2004 indian ocean tsunamis. *Geo-Information for disaster management, Turkey*. Disponível em: <<http://www.isprs.org/proceedings/2011/Gi4DM/PDF/OP37.pdf>>. Acesso: junho de 2018.

Drusch, M.; Bello, U.D.; Carlier, S.; Colin, O.; Fernandez, V.; Gascon, F.; Hoersch, B.; Isola, C.; Laberinti, P.; Martimort, P.; Meygret, A.; Spoto, A.F.; Sya O.; Marchesed F. & Bargellinid P. 2012. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *Remote Sensing of Environment*, 120: 25–36.

European Space Agency. Sentinels Scientific Data Hub, 2017. Available online. Disponível em: <[https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2\\_MSI\\_Product\\_Specification.pdf](https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2_MSI_Product_Specification.pdf)> Acesso: 18 de abril de 2018.

Flood, N. 2017. Comparing Sentinel-2A and Landsat 7 and 8 Using Surface Reflectance over Australia. *Remote Sensing*, 9(7): 659.

Gallo, K.; Ji, L.; Reed, B.; Eidenshink, J. & Dwyer, J. 2005. Multi-platform comparisons of MODIS and AVHRR normalized difference vegetation index data. *Remote Sensing of Environment*, 99(3): 221–231.

Goldberg, J.; Perry, J. & Anderson, J. 1999. Remote Sensing of Natural Areas: Procedures and Considerations for Assessing Vegetation Composition Change, Land Development, and Erosion. Wetlands Program Technical Report n. 99-8. College of William and Mary, Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point, VA, USA. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/c326/a1b478678ab888ff10407125af9634cb9af6.pdf>>. Acesso: junho de 2018.

Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E.P.; Gao, X. & Ferreira, L.G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1):195–213.

Jensen, J. R. 2011. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução: José Carlos Neves Epiphânio. Sao Jose dos Campos, SP: Parentese.

Li, S.; Ganguly, S.,Dungan, J.L.; Wang, W.L. & Nemani, R.R.

**Comparativo do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) entre os Sensores OLI - Satélite Landsat-8 e MSI – Satélite Sentinel-2 em Região Semiárida**  
Ulisses Alencar Bezerra; Leidjane Maria Maciel de Oliveira; Ana Lúcia Bezerra Candeias;  
Bernardo Barbosa da Silva; Antônio Celso Leite de Sousa Leite & Luisa Thaynara Muricy de Souza Silva

2017. Sentinel-2 MSI Radiometric Characterization and Cross-Calibration with Landsat-8 OLI. *Advances in Remote Sensing*, 6(2): 147-159.
- Oliveira, L.M.M.; Montenegro, S.M.G.L.; Silva, B.B.; Moura, A.E.S.S.; Gusmão, A.C.V.E.L. & Salgueiro, J.H.P.B. 2013. Índices de vegetação por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do rio Tapacurá – PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, Bento Gonçalves – RS, 2013. Trabalhos completos, Bento Gonçalves, ABRH.
- Pahlevan, N.; Sarkar, S.; Franz, B.A.; Balasubramanian, S.V. & He, J. 2017. Sentinel-2 MultiSpectral Instrument (MSI) data processing for aquatic science applications: Demonstrations and validations. *Remote Sensing of Environment*, 201: 47-56.
- Pereira, L.E.; Lastoria, G.; Filho, A.C.P. & Júnior, J.M. 2016. Application techniques of digital image processing in different orbital sensors. *Anuário do Instituto de Geociências*, 39(3): 15-24.
- Pereira, J.L.G.; Batista G.T. & Roberts D. 1996. Reflectância de Coberturas Vegetais na Amazônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, Salvador, 1996. Resumos expandidos, São José dos Campos, INPE, p. 551-556.
- Ponzoni, F.J.; Shimabukuro, Y.E. & Kuplich, T.M. 2012. Sensoriamento Remoto da vegetação. 2 Ed. São Paulo, Oficina de Textos. 164p.
- Robinson, N.P.; Allred, B.W.; Jones, M.O.; Moreno, A.; Kimball, J.S.; Naugle, D.E.; Erickson, T.A. & Richardson, A.D.A. 2017. Dynamic Landsat Derived Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Product for the Conterminous United States. *Remote Sensing*, 9(8): 863.
- Robinove, C.J. 1982. Computation with physical values from Landsat digital data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48(5): 781-784.
- Rouse, J.W., Jr.; Haas, R.H.; Schell, J.A. & Deering, D.W. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3, Washington, D.C., 1973. Proceedings. Washington, D.C.: NASA. Goddard Space Flight Center, p. 309-317.
- Ruhoff, A.L.; Silva, B.B. & Rocha, H.R., 2015. Determinação da irradiância solar no topo da atmosfera para cálculo do albedo e balanço de energia a partir de imagens LANDSAT 8 OLI. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 17, João Pessoa, PB, 2015. Resumos Expandidos, João Pessoa, INPE, p. 4495-5402.
- She, X.; Zhang, L.; Cen, Y.; Wu, T.; Huang, C. & Baig, M.H.A. 2015. Comparison of the continuity of vegetation indices derived from Landsat 8 OLI and Landsat 7 ETM+ data among different vegetation types. *Remote Sensing*, 7(10): 13485-13506.
- Silva, A.B. 2003. Sistema de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos. Campinas, SP. Editora da UNICAMP. 1º ed. 232 p.
- Silva, B.B.; Braga, A.C.; Oliveira, L.M.M.; Montenegro, S.M.G.L. & Barbosa Junior, B., 2016. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(1): 3- 8.
- Sothe, C.; Almeida, C.; Liesenberg, V. & Schimalski, M. 2017. Evaluating Sentinel-2 and Landsat-8 Data to Map Successional Forest Stages in a Subtropical Forest in Southern Brazil. *Remote Sensing*, 9(8): 838.
- Trishchenko, A.P. 2009. Effects of spectral response function on surface reflectance and NDVI measured with moderate resolution satellite sensors: Extension to AVHRR NOAA-17, 18 and METOP-A. *Remote Sensing of Environment*, 113(2): 335–341.
- Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2): 127–150.
- USGS (2016). Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, 2015, LSDS-1574, version 1.0. Sioux Falls, USA: USGS EROS. Disponível em <<https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>> Acesso em 05 setembro 2017.
- Zhu, Z. & Woodcock, C.E. 2014. Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data. *Remote Sensing of Environment*. 144: 152–171.