

## Uso de dados do Sentinel-2 para cálculo de NDVI com base nos valores da refletância aparente e de superfície

Patrícia Soares Rezende<sup>1</sup>  
Daniela Vieira Marques<sup>1</sup>  
Roberto Rosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia - UFU/IG  
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Uberlândia - MG, Brasil  
ps.rezende@hotmail.com; {danivmarx, rrosa}@gmail.com

**Abstract.** The objective of this paper is to understand the differences between apparent (TOA) and surface (BOA) reflectances in the generation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Sentinel-2 satellite image. The images obtained by remote sensing are influenced by several factors at the moment they are captured due to the distance that separates the earth surface of the sensor system. For this reason, in this type of image it is important to perform atmospheric correction. In the case of this study, as the main focus is the use of Sentinel-2 satellite images, via the QGIS software plugin, by the method of subtraction of dark objects. Among the vegetation indices, the most used in the generally studies, was used the NDVI. The results obtained refer the Água Vermelha watershed, located in the city of Uberlândia - MG, and showed that the use of this technique in the Sentinel-2 image showed sensitive improvement of appearance of the target, facilitating their visual interpretation. In the comparison of the NDVI calculated for the TOA and BOA reflectance values, it was observed that in TOA reflectance the appearance of vegetation and other classes were not as noticeably clear as that of the NDVI image in BOA reflectance in which the appearance of vegetation and other classes became clearer and more definite. Finally, it was verified the importance of applying the atmospheric correction, and the use of the BOA reflectance as the basis for NDVI generation of the study area.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, atmospheric correction, vegetation index, sensoriamento remoto, processamento de imagens, correção atmosférica, índice de vegetação.

### 1. Introdução

O uso de imagens de satélite está cada vez mais disseminado devido à diversidade de sensores disponíveis e, principalmente, as facilidades em acessar e baixar em diferentes tipos de sites que armazenam esse tipo de imagem. Por essa razão, cresce a importância de se verificar a necessidade de trabalhar no sensoriamento remoto com técnicas de pré-processamento dessas imagens antes de iniciar qualquer estudo, uma vez que a cada lançamento de um novo programa de monitoramento espacial há uma sensível melhora nas tecnologias usadas nos satélites. Desta forma, o objetivo deste artigo é compreender as diferenças entre as refletâncias aparente (TOA) e de superfície (BOA) na geração de índice de vegetação (NDVI) em imagem do satélite Sentinel-2.

Nessa perspectiva, a escolha por trabalhar com uma cena deste satélite, se deve a seu recente lançamento em meados de 2015. O programa *Copernicus*, nome dado para a monitoramento global do programa de segurança conduzido pela Comissão Europeia (*European Commission – EC*) e Agência Espacial Europeia (*European Space Agency – ESA*), desenvolveu um conjunto de seis satélites chamados Sentinel. De acordo com a ESA (2016a), cada missão do Sentinel é baseada em uma constelação de dois satélites para cumprir os requisitos de revisitar e de cobertura, fornecendo conjuntos de dados robustos para o programa *Copernicus*.

As imagens obtidas por sensoriamento remoto sofrem influências de diversos fatores no momento em que são captadas devido à distância que separa a superfície terrestre do sistema sensor. A atmosfera, como aponta Rosa (2009), “é um dos principais provocantes de degradações nas imagens originais, muitas vezes comprometendo a análise e interpretação destas.” (p. 201-2)

Por essa razão, ao se trabalhar com esse tipo de imagem é importante realizar a sua correção atmosférica, pois melhora o contraste entre os alvos, aumenta a possibilidade de detecção de alvos menores e ainda melhora a percepção de alvos que apresentam reflectância muito parecidas (ROSA, 2009).

Para a correção atmosférica, há alguns métodos disponíveis na literatura, como o método do mínimo histograma e o da regressão de bandas (ROSA, 2009), além de outros também aplicados para alguns sensores específicos (por exemplo os sensores da constelação de satélites Landsat), como podem ser vistos nos trabalhos comparativos desenvolvidos por Weiss et al (2015), Gomes et al (2012) e Sanches et al (2011).

No caso deste estudo, como o foco principal é a utilização de imagens do Sentinel-2, via *plugin* específico disponível no software QGis, será dada ênfase ao método usado nessa ferramenta, que é o da subtração de objetos escuros (*Dark Object Subtraction – DOS*), como é detalhado por Congedo (2016) desenvolvedor do *Semi-Automatic Classification Plugin – SCP* e Chavez (1996) em seus estudos sobre as correções atmosféricas baseadas em imagens.

O método DOS assume que na imagem alguns pixels estão sob sombra completa e as radiações recebidas deles no satélite se devem ao espalhamento atmosférico, sendo esta suposta reflexão minimamente aceita uma vez que muitos poucos alvos na superfície da Terra são absolutos, por isso, é melhor uma reflexão mínima de um por cento do que zero. (CHAVEZ, 1996). Mesmo que as técnicas baseadas em imagens tenham uma precisão menor em relação as correções físicas, elas ainda são muito úteis quando os parâmetros atmosféricos requeridos no modelo não estão disponíveis ou não são conhecidos, ajudando a aprimorar a estimativa da reflectância da superfície terrestre, como ressaltam Congedo (2016) e Rosa (2009).

As imagens obtidas do Sentinel-2 são disponibilizadas com valores de reflectância aparente (Top Of Atmosphere – TOA), que permitem gerar produtos, apesar de não serem tão bons quanto os gerados a partir da realização da correção atmosférica que gera valores de reflectância de superfície da imagem (Bottom Of Atmosphere – BOA).

Para a elaboração de um índice de vegetação, por meio do sensoriamento remoto, é importante combinar as informações obtidas das reflectâncias do dossel vegetal captadas a partir das faixas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo. A combinação dessas bandas dá-se pela relação inversa não-linear que a radiância do vermelho e infravermelho próximo possuem com a biomassa, segundo aponta Ponzoni (2001) e os comprimentos de onda de reflectância ideais (FRANPTON et al, 2013).

De acordo com Ponzoni (2001), devido à determinação da aparência da cobertura vegetal, ser dada não só pelas características intrínsecas do dossel vegetal, como também pela interferência de vários parâmetros e fatores, como fonte da radiação, atmosfera, solo e detectores, há uma diversidade de índices de vegetação disponíveis na literatura que atendem aos mais diversos objetivos.

Os resultados alcançados pela medição dos índices de vegetação possuem diversas aplicabilidades, conforme Ponzoni (2001), como indicadores de crescimento e do vigor da vegetação verde, diagnóstico do índice de área foliar (IAF), levantamentos da biomassa, da atividade fotossintética, da produtividade e do percentual de cobertura do solo, dentre outras.

Entre os índices de vegetação, o mais usado é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), como nos trabalhos de Hoek et al (2016), Ramos e Ferreira (2015), Eastman et al (2013). Outros índices de vegetação também são passíveis de aplicação como SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), PVI (Perpendicular Vegetation Index), cujas aplicações podem ser vistas em Braz et al (2015), Boratto e Gomide (2013), Qi et al (1994), Huete (1988) e outros.

## 2. Metodologia de Trabalho

## 2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica Água Vermelha que está localizada no centro-sul do município de Uberlândia, Estado de Minas Gerais, como pode ser vista na Figura 1. A bacia é formada por dois córregos principais, Água Vermelha e Jataí e seus afluentes, totalizando uma área de 4.509,59 hectares.

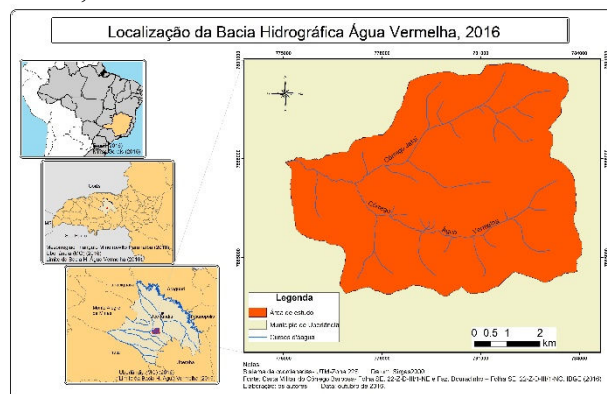


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica Água Vermelha em Uberlândia – MG.

A bacia Água Vermelha encontra-se em uma altitude média de 820 m, predominando relevo plano. Os usos dominantes na área da bacia são agricultura, que ocupa 38%, seguida pela pastagem com 33% e é possível encontrar vegetação densa ou arbórea em 29% da área da bacia.

## 2.2. Materiais

### 2.2.1. Imagens: Sentinel-2

Dentre os satélites do programa *Copernicus*, foi usada imagem do Sentinel-2, cena 22 KGD, devido a sua característica de fornecer imagens de alta resolução para monitoramento da terra, principalmente de agricultura, florestas, mudança no uso da terra, mudança de cobertura da terra, bem como mapear variáveis biofísicas (clorofila, teor de água foliar, índice de área foliar), monitorar as águas costeiras e interiores, mapear risco e desastres. (ESA, 2016b)

O primeiro satélite dessa missão (Sentinel-2) foi lançado em junho de 2015, com uma vida útil prevista de 7,25 anos. Dentre as características desse satélite estão a largura da faixa de imageamento de 290 km; uma resolução temporal de 10 dias e o tamanho do pixel de 10,0 m. Além disso, este satélite conta com informações multiespectrais, de boa resolução espacial, capitadas por 13 bandas: no visível, infravermelho próximo e infravermelho curto, conforme Tabela 1. (ESA, 2016b)

Tabela 1. Resolução espacial, número e nome e comprimento das bandas do Sentinel-2

Resolução	Número da Banda	Nome da Banda	Comprimento de Onda Central (nm)
10 m	B02	Blue (Azul)	490
	B03	Green (Verde)	560
	B04	Red (Vermelho)	665
	B08	NIR (Infravermelho Próximo)	842
20 m	B05	Red Edge 1	705
	B06	Red Edge 2	740
	B07	Red Edge 3	783
	B08A	Red Edge 4	865
	B11	SWIR 1	1610
	B12	SWIR 2	2190
60 m	B01	Aerossol	443
	B09	Water Vapor	940
	B10	Cirrus	1375

Fonte: Adaptado de ESA (2010)

Nesse estudo foi priorizada, para a escolha das bandas, além da resolução espectral, a resolução espacial. Desta forma foram escolhidas as bandas 4 (vermelho) e 8 (infravermelho próximo), com 10 m de resolução espacial para obtenção do NDVI. Para a composição colorida da imagem, foram utilizadas as bandas RGB 4-3-2.

Outras informações sobre o Sentinel-2 e possíveis aplicações podem ser consultadas em Drusch et al (2012), Malenovsky et al (2012) e Frampton et al (2013).

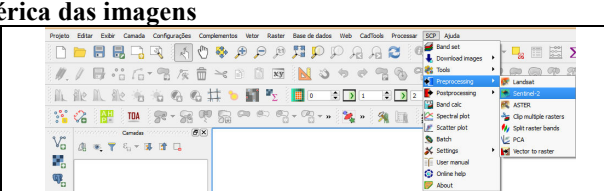
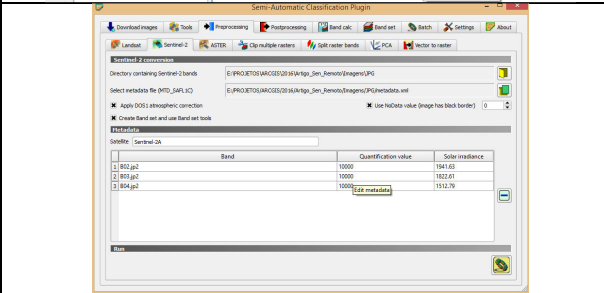
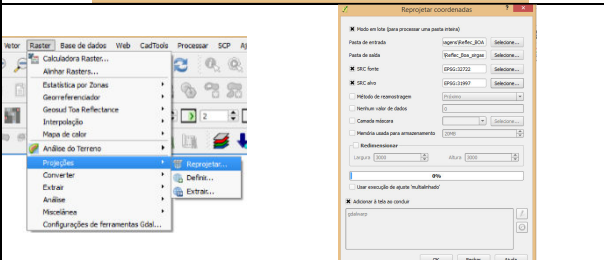
### 2.2.2. Softwares e *plugins*

O software utilizado para realizar todos os processamentos descritos neste artigo foi o QGIS, versão 2.14 e o *plugin Semi-Automatic Classification Plugin – SCP*. Essa ferramenta precisa ser instalada inicialmente através do menu Complementos > Gerenciar e instalar complementos. Este *plugin* oferece diversas funcionalidades como: o download de imagens gratuitas disponíveis para Landsat, Sentinel-2 e Aster, pré-processamentos (como é o caso da correção atmosférica), pós-processamentos, e uma calculadora raster (que será utilizada na geração do NDVI), como pode ser visto com mais detalhes em Congedo (2016). A integração dos processamentos e a facilidade no manuseio são as principais características desse *plugin* que objetiva fornecer um conjunto de ferramentas entrelaçadas para o processamento rasterizado, a fim de efetuar um fluxo de trabalho automático, com o intuito de facilitar a classificação da cobertura terrestre, descomplicando assim o trabalho de quem trabalha com sensoriamento remoto (CONGEDO, 2016).

## 2.3. Procedimentos operacionais

Antes da geração do NDVI é necessário realizar a conversão dos valores da reflectância do topo da superfície (TOA) para valores de reflectância da base da superfície (BOA), para isso é preciso realizar os procedimentos detalhados no Quadro 1.

Quadro 1: Roteiro para correção atmosférica de TOA para BOA em imagens do Sentinel-2.

<b>Correção atmosférica das imagens</b>													
<p>Para realizar esse procedimento utiliza-se o <i>plugin</i> SCP, com o módulo específico para imagens do Sentinel-2 ativado.</p>													
<p>Nesse módulo é necessário inicialmente selecionar a pasta que contém as imagens no formato JPG2. Depois seleciona-se a pasta que contém o arquivo XML referente ao metadata. Esse arquivo contém os parâmetros de transformação necessários para que o <i>plugin</i> SCP possa realizar a conversão da reflectância TOA para BOA. Por fim, ative o item <i>Apply DOS1 atmospheric correction</i> e clique no ícone Run para processar.</p>	 <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>Band</th> <th>Quantification value</th> <th>Solar irradiance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 B02.jpg2</td> <td>10000</td> <td>1841.63</td> </tr> <tr> <td>2 B03.jpg2</td> <td>10000</td> <td>1822.51</td> </tr> <tr> <td>3 B04.jpg2</td> <td>10000</td> <td>1512.76</td> </tr> </tbody> </table>	Band	Quantification value	Solar irradiance	1 B02.jpg2	10000	1841.63	2 B03.jpg2	10000	1822.51	3 B04.jpg2	10000	1512.76
Band	Quantification value	Solar irradiance											
1 B02.jpg2	10000	1841.63											
2 B03.jpg2	10000	1822.51											
3 B04.jpg2	10000	1512.76											
<p>Com as imagens em valores em reflectância BOA faz-se a conversão do sistema de referência de coordenadas, pois as imagens originais são disponibilizadas em WGS84-UTM22S e nesse estudo adota-se o sistema de referência oficial do Brasil, Sirgas2000 UTM Zona 22S.</p>													

Fonte: Adaptado de Congedo (2016).

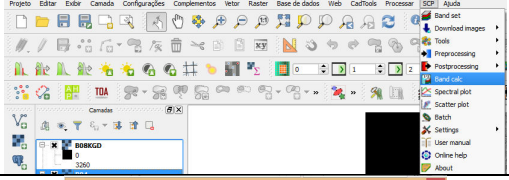
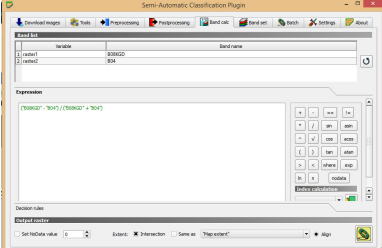
Com as imagens no sistema de referência Sirgas2000 UTM Zona 22S e nas reflectâncias – TOA e BOA, calcula-se o NDVI, cujo índice varia de -1 a 1, por meio da equação 1, de acordo com Deering et al (1975):

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

onde: *NIR* corresponde a banda do infravermelho próximo e o *RED* a banda do vermelho.

Para elaboração desse índice de vegetação especificamente, conforme passos apresentados no Quadro 2, utilizam-se as bandas B4 no vermelho visível e B8 no infravermelho próximo – NIR.

Quadro 2: Roteiro para elaboração do NDVI via *plugin* SCP com imagem do Sentinel-2

Elaboração do NDVI	
Para gerar o NDVI é necessário inserir as imagens referente a Banda B4 e Banda B8, na sequência acesse o <i>plugin</i> SCP e clique em Band calc.	
Com o Band calc aberto, clique em Refresh list para atualizar o sistema, assim as imagens estarão visíveis para realizar os demais procedimentos. A seguir digita-se no campo Expressão a fórmula do NDVI: (“B8” – “B4”) / (“B8” + “B4”). E clica-se em Run. Posteriormente será aberto uma nova janela para ser definido o local e nome para salvar o arquivo resultante em Raster.	

Fonte: Adaptado de Congedo (2016).

O resultado do procedimento será apresentado no item 3.

### 3. Resultados e Discussão

Para a realização de algumas operações matemáticas que utilizam informações referentes a reflectância, como é o caso específico do NDVI, alguns autores utilizam somente a reflectância-TOA, entretanto em trabalhos desenvolvidos por Chaves et. al, 2013; Silva e Andrade, 2013 observou-se que o cálculo do NDVI com base nos valores de reflectância BOA tem apresentado melhores resultados.

Ratificando o resultado dos referidos autores, foi perceptível que após a utilização da correção atmosférica a imagem apresentou uma sensível melhora visual dos alvos, o que facilita o pesquisador numa primeira interpretação visual das imagens. A Figura 2 apresenta a imagem do satélite Sentinel-2, da bacia hidrográfica Água Vermelha, referente as reflectâncias TOA e BOA.

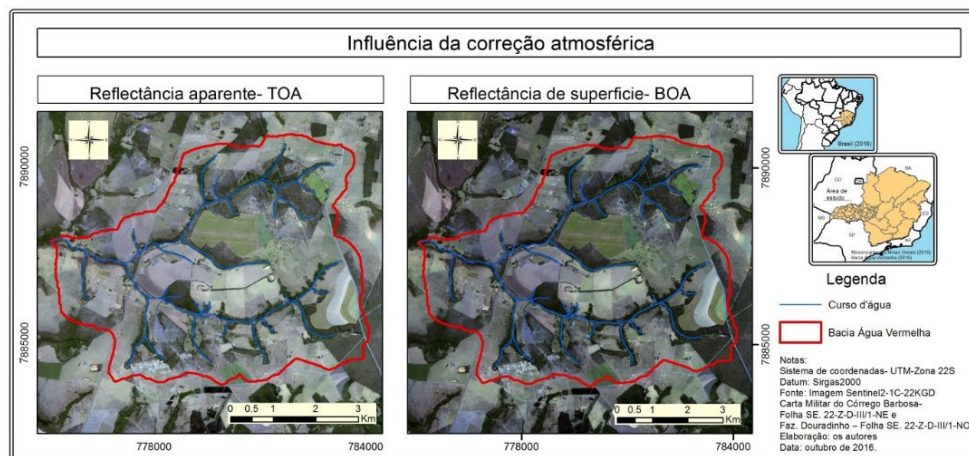


Figura 2. Imagens com reflectância TOA e BOA da Bacia Hidrográfica Água Vermelha

Essa correção atmosférica tornou-se importante não apenas para a realização de operações matemáticas, mas mostra-se positiva quando se pretende utilizar técnicas de classificação supervisionada e não supervisionada, pois os valores dos pixels são calibrados retirando ruídos e distorções.

O mapa mostrado na Figura 3 apresenta o resultado do NDVI calculado com base nos valores de reflectância – TOA e BOA. Observa-se que no NDVI em reflectância TOA a aparência da vegetação e demais classes não ficaram tão visivelmente nítidas quanto a da imagem com NDVI em reflectância BOA na qual a aparência da vegetação e demais classes se tornaram bem mais nítidas e definidas, o que pode ser observado na amplitude das escalas e na distribuição dos pixels em cada uma delas.

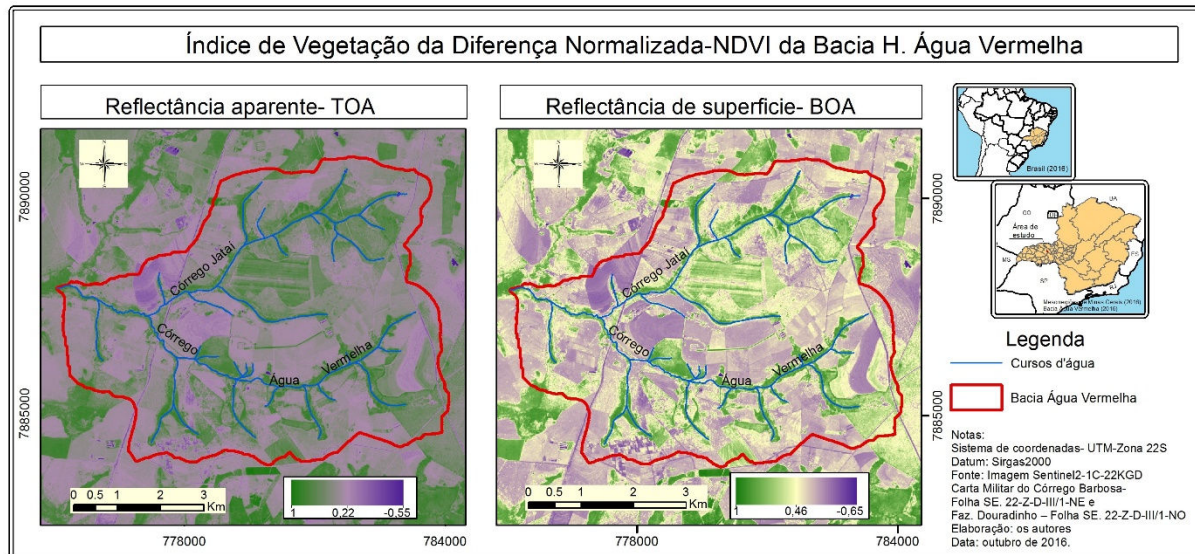


Figura 3. Imagens com reflectância TOA e BOA da Bacia Hidrográfica Água Vermelha

Com base nas diferenças apresentadas no mapa (Figura 3), justifica-se a aplicação da correção atmosférica de TOA para BOA para realização do cálculo NDVI, pois os resultados apresentaram uma confiabilidade maior na separação dos alvos, demonstrados nos exemplos selecionados na Figura 4, que mostra as diferenças de reflectância em TOA e BOA, para vegetação densa, agricultura, pastagem, solo exposto e água.

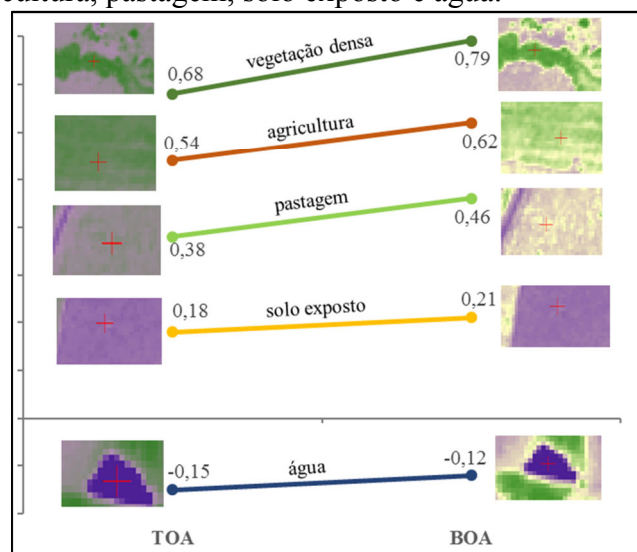


Figura 4. Resposta espectral de 5 alvos para as reflectâncias TOA e BOA.

Dos alvos investigados para comparação entre os níveis de reflectância após a correção atmosférica, a maior diferença encontrada foi na vegetação, em relação ao índice apurado e as menores diferenças entre um índice e outro foi em relação ao solo exposto e a água. Os esboços dos índices de vegetação, na figura, também ajudam a ilustrar esses alvos que apresentaram maior e menor semelhança entre os referidos índices.

#### 4. Conclusões

As imagens do Sentinel-2 se mostraram uma boa alternativa para a realização de estudos de índice de vegetação e contribuíram para alcançar o objetivo proposto neste artigo de compreender as diferenças entre as reflectâncias aparente (TOA) e de superfície (BOA) na geração de índice de vegetação (NDVI).

A utilização da ferramenta SCP disponibilizada em software livre, também colaborou para atingir os resultados alcançados devido a facilidade de acesso e operação e as funcionalidades disponíveis.

Os resultados mostraram a importância de se aplicar a correção atmosférica nas imagens utilizando a reflectância BOA como base para geração do NDVI da área da bacia hidrográfica Água Vermelha.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES e Embrapa, pelo apoio no desenvolvimento do curso de doutorado.

#### Referências

- Boratto, I. M. P.; Gomide, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013, Foz do Iguaçu, **Anais...** São José dos Campos: INPE: 2013. Artigos, p. 7345 - 7352. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0075.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2016.
- Braz, A. M.; Águas, T. A.; Garcia, P. H. M. Análise de Índices de Vegetação NDVI e SAVI e Índice de Área Folear (IAF) para a comparação da cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Córrego Ribeirãozinho, Município de Selvíria – MS. **Revista Percorso – NEMO**, Maringá, v. 7, n. 2, p. 05- 22, 2015.
- Chavez, P. S. Image-Based Atmospheric Corrections: revisited and improved. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, American Society of Photogrammetry, v. 62, n. 9, 1996, p. 1025 - 1036. Disponível em <[http://info.asprs.org/publications/pers/96journal/september/1996\\_sep\\_1025-1036.pdf](http://info.asprs.org/publications/pers/96journal/september/1996_sep_1025-1036.pdf)>. Acesso em: 1 nov. 2016.
- Chaves, M. E. D.; Mataveli, G. A. V.; Guerrero, J. V. R.; Justino, R. C. Análise comparativa do NDVI estimado a partir de valores de níveis digitais originais e de reflectâncias aparente e de superfície. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013, Foz do Iguaçu, **Anais...** São José dos Campos: INPE: 2013. Artigos, p. 8261 - 8268. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0823.pdf>. Acesso em: 27 out. 2016.
- Congedo, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation Versão 5.1.0.1**. Tutorial. 2016. Disponível em: <<https://media.readthedocs.org/pdf/semiautomaticclassificationmanual-v5-pt/latest/semiautomaticclassificationmanual-v5-pt.pdf>> Acesso em: 31 out. 2016.
- Deering D.W., Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Schell, J.A. Measuring forage production of grazing units from Landsat MSS data, In: Internacional Symposium on Remote Sensing of Environment, 10, Ann Arbor, **Proceedings**. Ann Arbor, MI: ERIM, 1975. v. 2, p. 1169–1178.
- Drusch, M.; Del Bello, U.; Carlier, S.; Colin, O.; Fernandez, V.; Gascon, F.; Hoersch, B.; Isola, C.; Laberinti, P.; Martimort, P.; Meyret, A.; Spoto, F.; Sy, O.; Marchese, F.; Bargellini, P. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. **Remote Sensing of Environment**, v. 120, p. 25-36, 15 may 2012. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425712000636>> Acesso em: 25.out.2016.

Eastman, J. R.; Sangermano, F.; Machado, E. A.; Rogan, J.; Anyamba, A. Global Trends in Seasonality of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), 1982–2011. **Remote Sensing**, v. 5, 2013, p. 4799-4818. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/5/10/4799/htm>> Acesso em 27 out. 2016.

ESA.. **GMES Sentinel-2 Mission Requirements Document**, European Space Agency, 2010. Disponível em: <[http://esamultimedia.esa.int/docs/GMES/Sentinel-2\\_MRD.pdf](http://esamultimedia.esa.int/docs/GMES/Sentinel-2_MRD.pdf)>. Acesso em: 25.out.2016.

\_\_\_\_\_. (a) Copernicus: overview. Disponível em:

<[http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview3](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview3)>. Acesso em: 25.out.2016.

\_\_\_\_\_. (b) Introducing Sentinel-2. Disponível em:

<[http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-2/Introducing\\_Sentinel-2](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2/Introducing_Sentinel-2)>. Acesso em: 25.out.2016.

Frampton, W. J.; Dash, J.; Watmough, G.; Milton, E. J. Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 82, p. 83-92, ago 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092427161300107X>>. Acesso em: 25.out.2016.

Gomes, D.; Vicente, L. E.; Carvalho, E.; Victoria, D.; Andrade, R. G.; Agnese, M. L.; Silva, R. F. B. Avaliação comparativa de correção atmosférica de imagens Landsat utilizando MODTRAN e Dark Object Subtraction. 2012. Disponível em: <[http://www.selperbrasil.org.br/selper2012/PDF/FP\\_SELPER-177.pdf](http://www.selperbrasil.org.br/selper2012/PDF/FP_SELPER-177.pdf)>. Acesso em: 1 nov. 2016.

Huete, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, 1988, p. 295-309. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/003442578890106X>> Acesso em 27 out. 2016.

Hoek, M. Jia, L. Zhou, J. Zheng, C. Menenti, M. Early Drought Detection by Spectral Analysis of Satellite Time Series of Precipitation and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). **Remote Sensing**, v. 8, 2016. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/8/5/422/htm>> Acesso em 27 out. 2016.

Malenovský, Z.; Rott, H.; Cihlar, J.; Schaepman, M. E.; García-Santos, G.; Fernandes, R.; Berger, M. Sentinels for science: Potential of Sentinel-1, -2, and -3 missions for scientific observations of ocean, cryosphere, and land, **Remote Sensing of Environment**, v. 120, p. 91-101, 15 may 2012. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425712000648>>. Acesso em: 25.out.2016.

Ponzoni, F. J. Comportamento espectral da vegetação. In: Menezes, P. R.; Madeira Netto, J. S. (orgs.) **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília-DF: UnB/Embrapa Cerrados, 2001. p. 157-199.

Qi, J.; Chehbouni, Huete, A. R.; Sorooshian, S. A. A Modified Soil Adjusted Vegetation Index. **Remote Sensing of Environment**, v. 48, p.119-126, 1994. Disponível em: <<https://naldc.nal.usda.gov/download/50306/>> Acesso em 27 out. 2016.

Ramos, J. A.; Ferreira, C. E. G. Proposta de simplificação do cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 17, 2015, João Pessoa, **Anais...** São José dos Campos: INPE: 2015. Artigos, p. 6698- 6705. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1466.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2016.

Rosa, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7 ed. Uberlândia: Edufu, 2009. 264p.

Sanches, I. D. A.; Andrade, R. G.; Quartaroli, C. F.; Rodrigues, C. A. G. Análise comparativa de três métodos de correção atmosférica de imagens Landsat 5 – TM para obtenção de reflectância de superfície e NDVI. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2011, Curitiba, **Anais...** São José dos Campos: INPE: 2011. Artigos, p.7564 - 7571. Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/mapastore/download/PDF10.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

Silva, M. A. O.; Andrade, A. C. Geração de Imagens de Reflectância de um Ponto de Vista Geométrico. **Rev. Bras. Geom.**, v.1, n. 1, 2013, p. 29-36. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/RBGeo/article/view/1615/1047>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

Weiss, C. V. C.; Camargo, D. C. S.; Rosca, E. H.; Espinoza, J. Análise comparativa entre métodos de correção atmosférica em imagens do sensor Operational Land Imager (OLI), plataforma Landsat 8. **Scientia Plena**, v. 11, n. 2, 2015, p. 1-8. Disponível em: <<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/1741/1139>>. Acesso em: 1 nov. 2016.