



COMPARAÇÃO DE TRÊS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO UTILIZANDO IMAGEM LANDSAT-8 NAS IMEDIAÇÕES DO AÇUDE ORÓS, CEARÁ, BRASIL

Felipe Gomes Brasileiro¹, Rafael Coll Delgado², José Francisco de Oliveira Júnior³,
Leonardo Paula de Souza⁴, Alessandro Sarmiento Cavalcanti⁵

1. Graduando do Curso de Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, Brasil.
2. Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica-RJ, Brasil.
3. Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais
4. Professor Mestre da Universidade Federal do Acre – Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre (leonardo.acre@gmail.com)
5. Doutor da Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Atmosféricas - ICAT, Maceió-AL, Brasil.

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

RESUMO

Foram comparados três índices de vegetação nas imediações do açude Orós localizado no Estado do Ceará, Brasil. Com o objetivo de comparar estes resultados, calculou-se o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Índice de Vegetação da Razão ou IR/R (IVR ou IR/R) e a Raiz Quadrada do IVR (SQRT), pelas imagens do sensor OLI_TIRS, abordo do satélite LANDSAT-8. Na comparação estatística dos índices NDVI, IVR ou IR/R e SQRT foi possível identificar e mapear diferentes classes ocupadas nas imediações da região de estudo. A estatística descritiva e o mapeamento da região com os índices de vegetação permitiram identificar padrões distintos entre eles. O IR/R e SQRT apresentaram os maiores valores médios (1,03 e 1,06) e desvio padrão (0,08 e 0,04). O NDVI foi o índice que apresentou a menor média 0,03 e o menor valor -0,13. Entretanto, o IR/R e SQRT podem ser utilizados na distinção de áreas de diferentes tipologias vegetais. Entretanto, pode ocorrer divisão por zero gerando uma escala de medida não-linear. O NDVI produz escalas de medidas lineares, o que minimiza os problemas de divisão por zero. Esta escala varia de -1 a 1 com o zero representando áreas sem vegetação e valores negativos os corpos d'água. Vale ressaltar que um período maior de dados do satélite LANDSAT-8 deve ser utilizado, para avaliar os índices de vegetação na área de estudo na escala temporal.

PALAVRAS-CHAVE: análise estatística, Nordeste Brasileiro e sensoriamento remoto orbital.

COMPARISON OF VEGETATION THREE INDEXES USING LANDSAT-8 IMAGE ON AÇUDE ORÓS VICINITY. CEARÁ, BRAZIL

ABSTRACT

Three vegetation indices were compared in Açude Orós vicinity located at Ceará State, Brazil. In order to compare these results, it was calculated Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Ratio Vegetation Index or IR/R (IVR or IR/R) and in IVR Square Root (SQRT) by means of the images was used OLI_TIRS sensor aboard the Landsat-8. In statistical comparison of indices NDVI, IVR or IR/R and SQRT it was possible to identify and map different classes occupied in the vicinity of the study area. Descriptive statistics and mapping the area with vegetation indices, allowed allowed to identify distinct patterns between them. The IR/R and SQRT showed the highest average values (1.03 and 1.06) and standard deviation (0.08 and 0.04). NDVI had lowest mean 0.03 and lowest value -0.13. However, IR/R and SQRT can be used to distinguish between areas of different vegetation types. However, division by zero may occur generating a non-linear scale measurement. NDVI produces scales linear measurements, which minimizes division by zero problems. Scale ranges from -1 to 1 with zero representing areas without vegetation, and, negative values water bodies. Noteworthy that longer period data from LANDSAT-8 should be used to evaluate vegetation indices in timescale.

KEYWORDS: statistical analysis, orbital remote sensing, Northeast Brazil.

INTRODUÇÃO

Nos campos de aplicação do sensoriamento remoto orbital as medições do espectro das radiações refletidas pelo solo, água e vegetação têm sido objeto de investigações científicas no sentido de avaliações qualitativas e quantitativas sobre as características das imagens da superfície da Terra. A partir destas análises podem ser identificados e estimados o crescimento de uma cultura agrícola, o crescimento de áreas urbanizadas, analisar com precisão a física de bacias hidrográficas, elaboração e classificação de análises para medição da temperatura da superfície continental dentre outros (DELGADO et al., 2010, 2012 e 2013, FREITAS et al., 2012, GASPARINI et al., 2013, SILVA et al., 2014).

De acordo com JENSEN (2009), o sensoriamento remoto (SR) vem sendo utilizado desde a década de 1960 na modelagem de vários parâmetros biofísicos da vegetação, que podem ser medidos por meio dos índices de vegetação, denominados medidas radiométricas adimensionais que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde.

Índices de vegetação também chamados de índices espectrais têm sido frequentemente utilizados no monitoramento da cobertura vegetal da Terra em escalas global e/ou local (MIURA et al., 2001). Estes índices são combinações de dados espectrais de duas ou mais bandas, selecionadas com o objetivo de sintetizar e melhorar a relação desses dados com os parâmetros biofísicos da vegetação (ZANZARINI et al., 2013).

O índice de vegetação mais conhecido e utilizado na literatura é o *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI. Ele é utilizado em diversas pesquisas tais como os estados das vegetações quanto à nutrição, crescimento, produtividade, stress ou deficiências, presença de ervas daninhas e quanto a danos causados por agentes químicos (ORTIZ & AMORIM, 2011). O NDVI é um modelo resultante da combinação dos níveis de reflectância em imagens de satélites, ele é obtido da equação composta pelas respostas das bandas espectrais do vermelho e

infravermelho. Também proposto por ROUSE et al. (1974) com o mesmo objetivo do NDVI, o Índice de Vegetação da Razão (IVR ou IR/R) e a Raiz Quadrada do IVR (SQRT). Estes índices foram concebidos com objetivo de separar a vegetação verde do solo usando o satélite LANDSAT MSS (*Multispectral Scanner System*). A razão é obtida pela divisão dos pixels da banda do infravermelho próximo pelos correspondentes pixels da banda do vermelho.

Para melhor proteção dos recursos naturais, renováveis ou não, é necessário o monitoramento para o planejamento e gestão dos recursos. O uso de geotecnologias como o uso do sensoriamento remoto orbital tem se mostrado uma das principais ferramentas e com maior eficiência para a realização dessa tarefa (COSTA et al., 2002). Pois, é capaz de oferecer dados para comparações multitemporais, em grandes extensões de áreas e com menores custos aos gestores.

Um exemplo do uso de geotecnologia é o açude Orós, sendo um dos mais importantes do estado do Ceará localizado no leito do rio Jaguaribe na região centro-sul. De acordo com SOARES et al., 2009, este açude, foi o primeiro a ser mapeado e as informações geradas confirmaram a ocupação desordenada e prejudicial que está acontecendo no seu entorno. Este mapeamento de acordo com as informações de SOARES et al., 2009 foi feita na escala 1:10.000 utilizando imagens do satélite Quickbird que mostraram o atual nível do espelho d'água e a situação da ocupação das áreas de entorno em relação às atividades agropecuárias, vegetação natural, capoeiras, vilas, aglomerados rurais, dentre outros.

De acordo com os problemas aqui levantados e a importância de um estudo com imagens orbitais de alta resolução, o objetivo deste estudo, foi de calcular e comparar três índices de vegetação existentes na literatura nas imediações do açude Orós, no Estado do Ceará, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo, utilizou-se uma imagem do satélite LANDSAT-8, obtida pelo sensor Operacional Terra Imager (OLI_TIRS), por meio do site <http://glovis.usgs.gov/> (USGS, 2014). As imagens obtidas por este sensor consistem de nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 e 9) e uma banda pancromática com resolução espacial de 15 m (banda 8). O tamanho aproximado da cena é de 170 km ao norte-sul por 183 km a leste-oeste, sendo utilizada a cena correspondente ao dia 03 de setembro de 2013 sem a presença de nebulosidade (Figura 1).

De acordo com SOARES et al. (2009), as variáveis climáticas da área de estudo são marcadas por elevados coeficientes térmicos e com baixas amplitudes entre máximas e mínimas de temperaturas do ar, baixa nebulosidade que é praticamente ausente na estação seca, forte insolação, com implicações nas taxas elevadas de evaporação e evapotranspiração. Como característica climática mais expressiva, destaca-se a distinção de duas estações uma seca e outra chuvosa. As chuvas anuais atingem em média um total pluviométrico de aproximadamente 1.000 mm (SOARES et al., 2009). O principal sistema meteorológico que governa o regime de chuva na região de estudo é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (SOARES et al., 2009). A ZCIT se localiza mais a norte (sul) da sua posição climática seguindo o deslocamento aparente do Sol (HARZALLAH et al., 1996; CAVALCANTI, 2009).

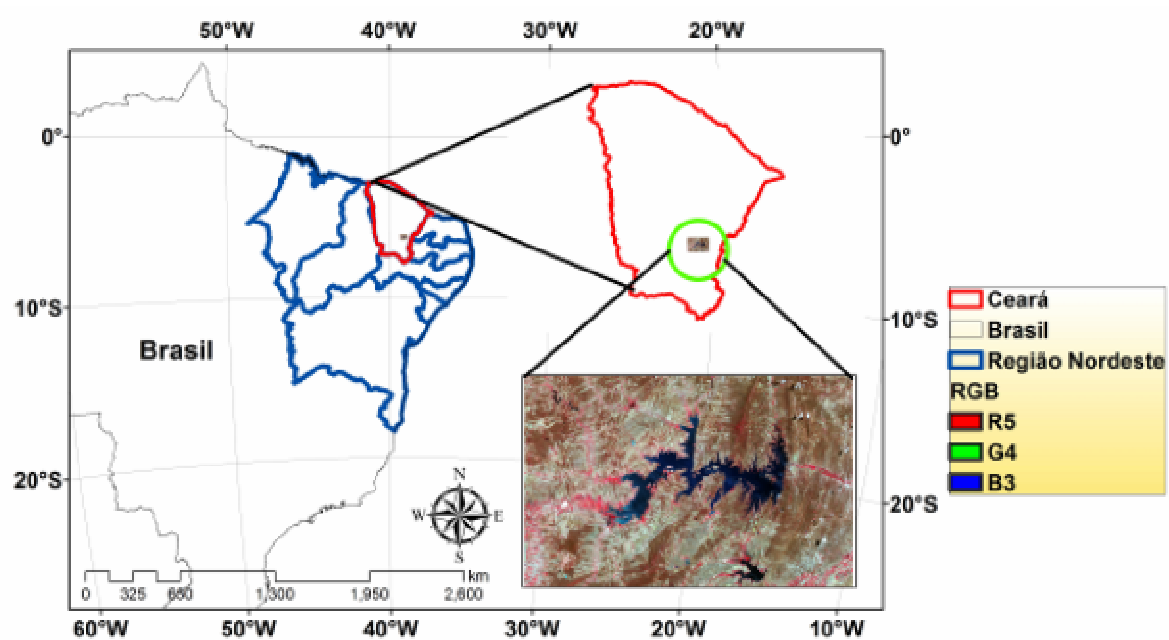


FIGURA 1. Localização geográfica da área de estudo com a composição R5, G4 e B3.

No *software* ERDAS IMAGINE 2011 foi realizado a união das bandas de 1 a 7, o produto da união das bandas foi submetido ao cálculo espectral dos índices de vegetação (NDVI, IVR e SQRT) de acordo com as equações (1, 2 e 3) descritas abaixo (Figura 2). Em seguida foi elaborado os mapas dos índices de vegetação e feita a reprojeção das imagens no *software* ArcGIS 10.1, para Datum WGS 1984 UTM Zone 24S, visto que as imagens do satélite LANDSAT-8 são orientadas ao norte verdadeiro (Figura 2).

$$NDVI = \frac{IVp - V}{IVp + V} \quad (1)$$

$$IVR = \frac{IVp}{V} \quad (2)$$

$$SQRT(IVR) = \sqrt{\frac{IVp}{V}} \quad (3)$$

em que,

IVp = Infravermelho próximo (μm);
V = vermelho (μm).

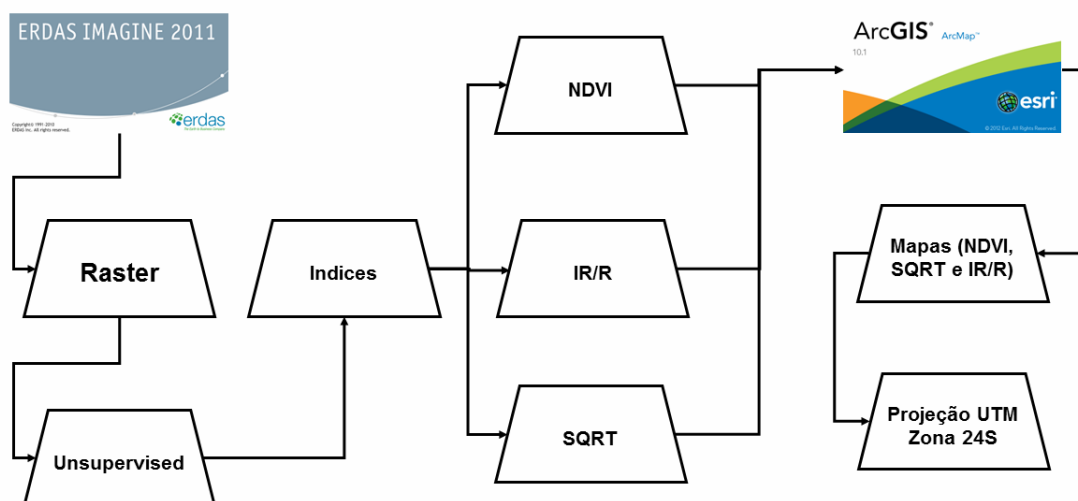


FIGURA 2. Fluxograma das etapas desenvolvidas para o cálculo dos índices de vegetação e reprojeção das imagens.

Objetivando avaliar o desempenho estatístico das imagens, foram adotados, a análise de histograma, o desvio padrão, a média e valores máximos e mínimos, ambos adquiridos no arquivo de informações de cada imagem no *software* ERDAS IMAGINE 2011.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do recorte feito na imagem para a região de Orós e dos índices de vegetação, foi possível gerar os histogramas das imagens (Figura 3). Apesar das diferenças entre os valores máximos e mínimos encontrados dentre as classes estabelecidas pelos índices, no geral, estes apresentaram comportamento semelhante (Figura 3).

Na Figura 3, observa-se que os índices de vegetação da razão (IR/R e SQRT) superestimam com valores acima do valor normalizado “1”, os resultados em comparação ao NDVI.

A vantagem destes índices (IR/R e SQRT) é que estes representam melhor a vegetação regional, bem como a simplicidade no cálculo, mas em contrapartida, pode ocorrer divisão por zero gerando uma escala de medida não-linear.

O NDVI produz escalas de medidas lineares, o que minimiza os problemas de divisão por zero. Esta escala varia de -1 a 1 com o zero representando áreas sem vegetação e valores negativos nos corpos d’água.

O NDVI ainda pode explicar as diferenças de reflectância com menor variabilidade de resposta espectral entre os índices estudados. Isso indica o motivo do NDVI ser bastante utilizado na literatura em trabalhos de estudo da vegetação. De acordo com SÁ et al. (2008), a contribuição do NDVI é satisfatória na avaliação da cobertura vegetal, podendo ser utilizado no monitoramento ambiental.

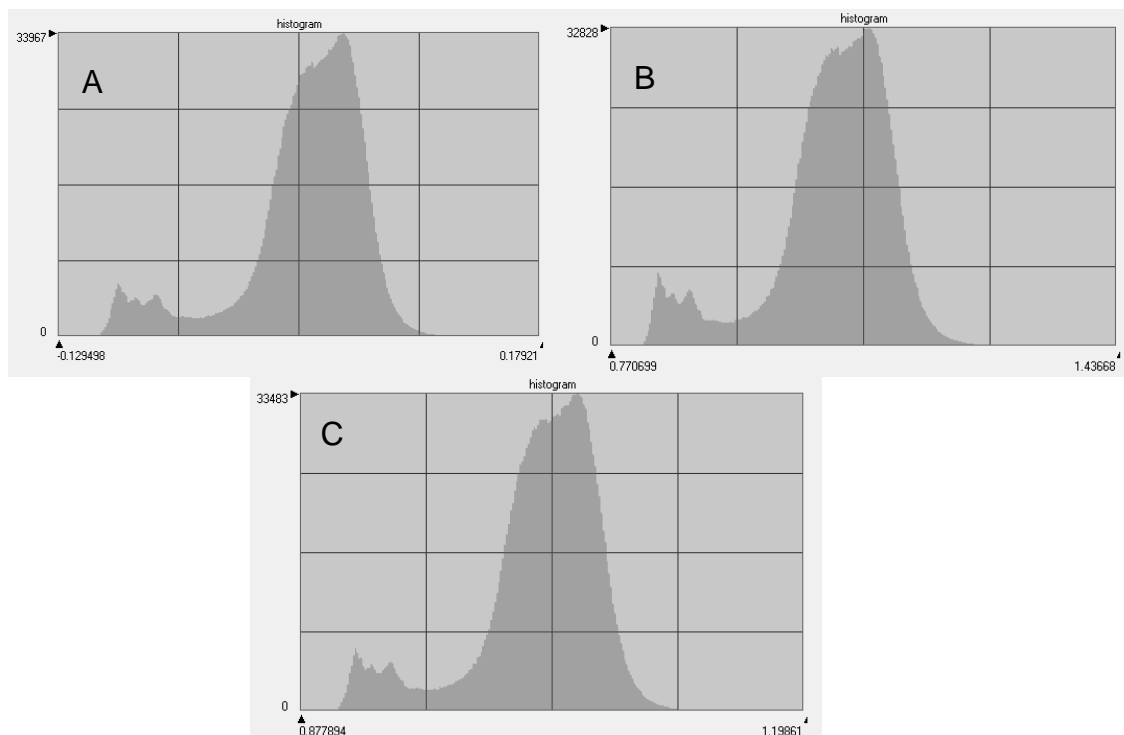


FIGURA 3. Análise de histograma dos índices de vegetação NDVI (A), IR/R (B) e SQRT (C).

Os valores obtidos pelos índices IR/R e SQRT variaram entre 0,77 e 0,88, 1,44 e 1,20. Os valores menores (> 1) correspondem à água e foram representados, no mapa (Figura 4), por diferentes tons de marrom (quanto mais escuro mais próximo de zero). Os valores próximos a 1 correspondem a área urbana, solo exposto, pastagem e foram representados pela cor verde claro no mapa (Figura 4). Os valores maiores que 1, por sua vez, correspondem à cobertura vegetal de diferentes densidades.

Em comparação com o índice NDVI, o IR/R e SQRT tiveram as menores classes de água, acrescentou as áreas urbanas, solo exposto e pastagem em uma mesma classe e teve mais classes de vegetação, possibilitando uma melhor divisão da cobertura vegetal em função das diferentes densidades (Figura 4).

De acordo com GALVANI et al. (2010), o IR/R é um parâmetro altamente sensível a vegetação, o que resulta em aumento da vegetação na banda do Iv_p (Infravermelho Próximo) e uma diminuição dos valores do V (Vermelho) com o aumento da vegetação.

O NDVI apresentou valores negativos do que os demais, visto que a área de estudo possui alvos com menor densidade de vegetação (Figura 4). Apesar dos valores serem diferentes entre os três índices aplicados, visualmente a diferença é imperceptível, como podemos observar na Figura 4. De acordo com PACHECO et al. (2006), o índice NDVI pode ser utilizado para o realce da biomassa vegetal. Como foi o único índice de vegetação que separou a água das demais classes, este também pode ser aplicado temporalmente em diferentes datas, o que irá permitir avaliar a variação da área verde em certo período de tempo (ZANZARINI et al., 2013).

Na análise das Figuras 3 e 4, verifica-se que na área de estudo não existe floresta densa, isso porque de acordo com os valores encontrados, é imperceptível o número de pixels que atingiram valor próximo ao máximo que é "1". Isto pode estar

correlacionado a falta de gerenciamento efetivo desta região, que por sua vez está associado ao incentivo do uso da água e aumento do grau de urbanização no entorno da região.

Embora a imagem NDVI seja eficiente na distinção das classes de solo com cobertura vegetal e solo exposto, não faz a distinção entre os diversos tipos de vegetação existentes na área de estudo (Figura 4). PONZONI et al. (2012) citam que apesar do relativo sucesso de sua aplicação em estudos da vegetação, sua interpretação deve levar em consideração vários fatores limitantes que incluem por exemplo: os pontos de saturação, que se manifestam de forma diferenciada nas faixas espectrais do vermelho e infravermelho próximo, a interferência atmosférica, também diferenciada nessas duas regiões espectrais, o posicionamento do centro e, por fim, a largura de cada banda (tanto no vermelho como no infravermelho próximo), que varia conforme os sensores.

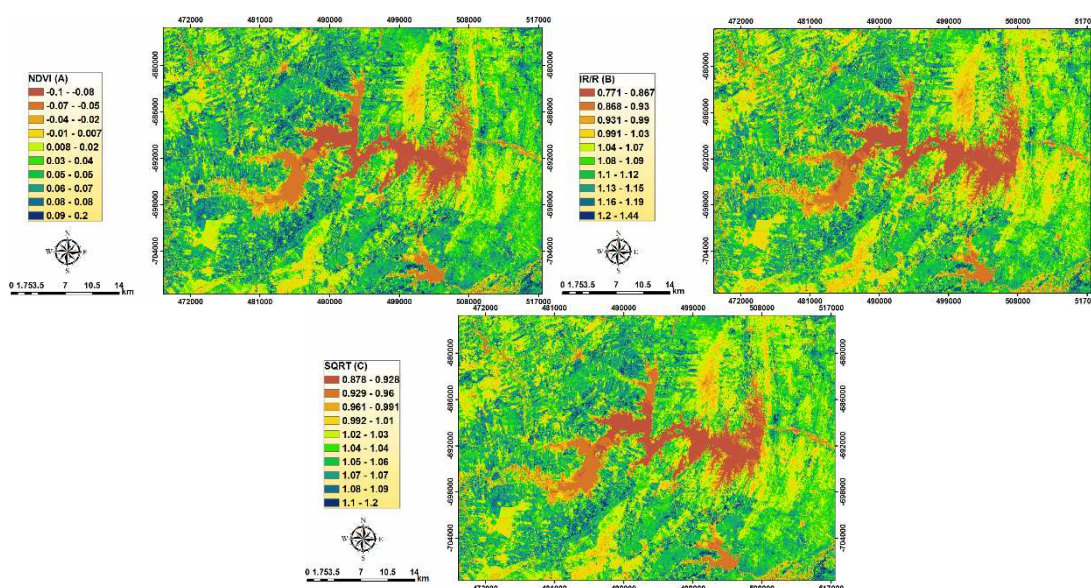


FIGURA 4. Mapas espaciais dos três índices de vegetação estimados (NDVI, IR/R e SQRT).

A partir do recorte feito na imagem do açude de Orós e dos índices de vegetação, foi possível realizar uma estatística descritiva (máximo, mínimo, médio e desvio padrão) para cada índice de acordo com a Tabela 1.

O índice IR/R apresentou a maior média dos dados e o maior desvio padrão, o que significa que este índice de vegetação apresenta a maior variabilidade dos dados em comparação com os demais. Este índice pode ser utilizado na análise e discriminação da vegetação. Para GALVANI et al. (2010), o índice de vegetação deve ser escolhido em função dos seus indicadores estatísticos, pois quem apresentar a maior diferença entre os indicadores estatísticos, possui uma maior capacidade de discriminação dos alvos.

Na análise do SQRT este apresentou baixo desvio padrão semelhante ao NDVI, seguido de valores médios superiores ao NDVI, o que torna este índice também aceitável na discriminação da vegetação da região de estudo.

O NDVI foi o índice que apresentou as menores diferenças estatísticas, com desvio padrão de 0,04 e média de 0,03, sendo o índice de vegetação menos recomendado para esta região. Por outro lado, foi o único que separou devidamente as classes de área urbana, vegetação, solo exposto e água na região.

TABELA 1. Estatística descritiva dos índices de vegetação aplicados no estudo

Índice	IR/R	NDVI	SQRT
Máximo	1,44	0,18	1,20
Mínimo	0,77	-0,13	0,88
Média	1,06	0,03	1,03
Desvio Padrão	0,08	0,04	0,04

Em um estudo de dinâmica de florestas através de índices de vegetação, MAURI et al. (2013), constataram que o NDVI foi o índice de vegetação mais aceitável, já que este apresentou os maiores índices estatísticos em relação ao IR/R e SQRT. Apesar do NDVI ter sido o índice de vegetação que apresentou o menor desvio padrão, este conseguiu diferenciar visualmente e matematicamente as áreas próximas do açude Orós, enquanto os índices SQRT e IR/R somente podem ser utilizados na tentativa de diferenciar tipologias vegetais nesta região.

CONCLUSÕES

Dentre os índices de vegetação aplicados na região do estudo, o SQRT é o que mais se aproxima do NDVI. Enquanto o IR/R é o que mais se distanciou do NDVI, estatisticamente. Contudo, o IR/R apresenta o menor número de classes de água, seguido do maior número de classes de vegetação para região.

Na análise comparativa dos três índices, o NDVI é o índice que pode ser utilizado para classificar as áreas com maior exatidão, principalmente na distinção das classes espectrais.

Vale ressaltar que um período maior de dados do satélite LANDSAT-8 deve ser utilizado, para avaliar os índices de vegetação na área de estudo na escala temporal.

AGRADECIMENTOS

A *U. S. Geological Survey* (USGS) pela disponibilidade das imagens LANDSAT-8 e a Universidade Federal do Rio de Janeiro pela disponibilidade do Laboratório de Sensoriamento Remoto Ambiental para o processamento das imagens.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, A. S. **Avaliações de Padrões Atmosféricos Associados à Ocorrência de Chuvas Extremas no Litoral da Região Nordeste do Brasil: Aspectos Numéricos na Previsão Operacional do Tempo.** Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 236p., 2009.

COSTA, T. C. C.; ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J.; BURGOS, N.; SILVA, F. H. B. B. Phytomass mapping of the “Seridó Caatinga” vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indices. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 707-715, 2002.

DELGADO R. C. **Análise da evolução espaço-temporal das lavouras no Estado de Minas Gerais.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 132p, 2010.

DELGADO, R.C.; SOUZA, L.P.; SILVA, I.W.R.; PESSÔA, C.S.; GOMES, F.A. Influência da mudança da paisagem amazônica no aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14; p. 665-674, 2012.

DELGADO, R. C.; RODRIGUES, R. A.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; GOIS, G. Uso do sensor TM na estimativa da temperatura da superfície e mudança no uso do solo em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 7, p. 17-30, 2013.

FREITAS, D.M.; DELGADO, R.C.; RODRIGUES, R.A.; SOUZA, L.P. Variabilidade espaço-temporal na mudança da paisagem no município de Acrelândia, AC. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14; p. 935-946, 2012.

GALVANI, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, R. J.; JESUS, P. H. H. Avaliação dos índices de vegetação NDVI, SR e TVI na discriminação de ambientes do Pantanal de Cáceres – Mato Grosso, Brasil, 3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, **Anais...**, p. 401-413, 2010.

GASPARINI, K. A. C.; LYRA, G. B.; FRANCELINO, M. R.; DELGADO, R. C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; FACCO, A. G. Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas na Identificação de Conflitos do Uso da Terra em Seropédica-RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 296-306, 2013.

HARZALLAH A, ROCHA DE ARAGÃO JO, SADOURNY R. Interannual Rainfall Variability in North-East Brazil: Observation and Model Simulation. **International Journal of Climatology**, v. 16, p. 861-878, 1996.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604p.

MAURI, Q. V.; LOPES, M. I. A.; SAVEDRA, O. M.; ROCHA, F. E. da.; LEIKO, C. M. ROSA, dos S. A. R. Análise temporal da dinâmica florestal em área de reflorestamento por meio de índices de vegetação. **Revista Geográfica Venezuelana**, v. 54, n. 2, p. 225-239, 2013.

MIURA, T.; HUETE, A. R.; YOSHIOKA, H.; HOLBEN, B. N. An error and sensitivity analysis of atmospheric resistant vegetation indices derived from dark target-based atmospheric correction. **Remote Sensing of Environment**, v.78, p.284-298, 2001.

ORTIZ, G. F.; AMORIM, M. C. C. T. Temperatura da superfície da cidade de Cândido Mota/SP a partir da imagem de satélite Landsat7. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-16, 2011.

PACHECO, A. P.; FREIRE, N. C. F.; BORGES, U. da N. Uma contribuição do sensoriamento remoto para detecção de áreas degradadas na Caatinga Brasileira. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 26, n. 1, p. 49-68, jan./jun. 2006.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. Sensoriamento remoto da vegetação. **2ª Ed. – atualizada e ampliada**, São Paulo, 160p. 2012.

ROUSE, J.W.JR., HAAS, R.H., DEERING, D.W., SCHELL, J.A., HARLAN, J.C. Monitoring the Vernal Advancement and retrogradation (Green Wave Effect) of Natural vegetation. **NASA/GSFC**. Type III Final Report, Greenbelt, MD, 1974, 371p.

SÁ, I. I. S.; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. de; SÁ, I. B. Uso do índice de vegetação da diferença normalizada (IVDN) para caracterização da cobertura vegetal da região do Araripe Pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 1, n. 1, p. 28-38, 2008.

SILVA, E. R.; DELGADO, R. C.; SOUZA, L. P.; SILVA, I. S. Caracterização física em duas bacias hidrográficas do alto Juruá, Acre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, n. 7, p. 714-719, 2014.

SOARES, Z. M. L.; CARVALHO, M. S. B. S.; SOARES, A. M. L.; CARVALHO, G. M. B. S.; ALMEIDA, M. A. G.; SANTOS, S. M.; OLIVEIRA, F. A. J.; CHAVES, L. C. G.; FREITAS, H. C. Uso e ocupação da terra nas áreas de entorno do açude Orós com vistas ao ordenamento territorial. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais...Natal: INPE**, 2009. p.4417-4424.

USGS – U. S. Geological Survey<<http://www.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 6, p. 608-614, 2013.