



ANÁLISE DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO BRÍGIDA, RIO TERRA NOVA E GRUPO DE BACIAS DE PEQUENOS RIOS INTERIORES 9 (GI9) DE PERNAMBUCO USANDO ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E DE UMIDADE

Débora Natália Oliveira de Almeida¹, Leidjane Maria Maciel de Oliveira², Carla Barbosa da Silva³, Ulisses Alencar Bezerra⁴, Mirelly de Oliveira Farias⁵, Ana Lúcia Bezerra Candeias⁶

^{1,2,3,4,5,6}Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

RESUMO

O Sensoriamento Remoto contribui em diversos estudos voltados para gestão e monitoramento ambiental. As técnicas utilizadas em imagens orbitais permitem análises detalhadas sobre o dinamismo dos recursos naturais detectados na superfície terrestre. Dentre as técnicas de processamento de imagens, neste presente trabalho destacam-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) com finalidade de análise espaço-temporal. O estudo foi desenvolvido na parte norte que abrange parcialmente as bacias hidrográficas do Rio Brígida, Rio Terra Nova e área total do Grupo de bacias de pequenos rios interiores 9 (GI9) no Estado de Pernambuco, utilizando imagens do sensor TM-Landsat 5 referentes as datas 21/09/2008 e 29/08/2011. Esta análise do NDVI e NDWI proporcionou avaliação da potencialidade dos índices como também a correlação que existe entre eles.

Palavras-chave: Precipitação, Landsat-5, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

Remote Sensing contributes to several studies focused on environmental management and monitoring. The techniques used in orbital images allow detailed analyzes of the dynamism of the natural resources detected in the terrestrial surface. Among the techniques of image processing in this work, we highlight the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Water Index (NDWI) for the purpose of spatio-temporal analysis. The study was developed in the northern part that partially covers the watersheds of the Brígida River, Terra Nova River and the total area of the Group of basins of small inland rivers 9 (GI9) in the State of Pernambuco, using TM-Landsat 5 sensor images dates 21/09/2008 and 29/08/2011. This analysis of the NDVI and NDWI provided an evaluation of the potentiality of the indices as well as the correlation that exists between them.

Keywords: Precipitation, Landsat-5, Remote Sensing.

INTRODUÇÃO

As técnicas do Sensoriamento Remoto tem sido utilizada como tecnologia para monitoramento em áreas ambientais. O sensoriamento remoto permite aquisição de informações climáticas e ambientais, por fornecer breves análises ou com detalhes do objeto de estudo, pelo rápido processamento dos dados, praticidade e custo relativamente baixo (Novais *et al.*, 2011).

Através de suas ferramentas, o sensoriamento remoto permite a observação dos parâmetros espectrais da vegetação e parâmetros biofísicos da paisagem (Chagas *et al.*, 2008), resultando análises das alterações nas feições naturais através da modificação do comportamento espectral, denotados através de índices de vegetação e umidade.

Os índices de vegetação têm sido apresentados com o intuito de investigar as propriedades espectrais da vegetação, bem como corpo hídrico, especificamente nas regiões do visível e do infravermelho próximo (Ponzoni e Shimabukuro, 2010). O Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada (NDVI), proposto por Rouse *et al.* (1973), evidencia a identificação de mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e dinamismo da vegetação, viabilizando a representação temporal do crescimento e pontos específicos de áreas verdes, possibilitando também identificar área geográfica de corpos hídricos.

Estudos revelam o desenvolvimento com o NDVI, como a de Almeida *et al.* (2017) que investigaram áreas em processo de degradação ocasionada por ações antrópicas quando estudaram a

variabilidade espaço-temporal da vegetação na bacia hidrográfica do Rio Moxotó, especificamente nos municípios de Ibirimir e Inajá-PE com imagens TM - Landsat 5 nos anos de 2006 e 2010. Também Freire et al. (2009) desenvolveram imagens do NDVI através de dados do sensor TM – Landsat 5 e compararam com diversos usos e cobertura do solo na bacia do Rio Salitre na Bahia. Os autores detectaram que a maior parte da bacia encontrava-se com NDVI de 0,0 a 0,1 (solo exposto), verificando-se a alta exploração dos recursos ambientais na bacia.

O NDWI (Índice de Umidade por Diferença Normalizada), por sua vez, apresentado por Gao (1996), aplica o índice através das bandas do infravermelho próximo e infravermelho médio, no qual permite detectar a presença de água na vegetação. Dentre os estudos para a obtenção do NDWI, Oliveira et al. (2013) analisaram o NDWI na Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá, onde constataram-se que os valores mais altos de NDWI naquela área foram representados pela vegetação que contém maior quantidade de água em sua estrutura interna e menores valores evidenciados por estresse hídrico na região da bacia para o ano de 2007 analisado no estudo.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende o recorte na parte Norte das três bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco. A bacia hidrográfica do Rio Brígida possui uma área total de 13.485,73 km², que corresponde aproximadamente 13,73 % do território pernambucano. Essa área localiza-se entre as coordenadas 07°19'02" e 08°36'32" de latitude Sul, e entre as coordenadas 39°17'33" e 40°43'06" de longitude Oeste. Para a unidade de Planejamento Hídrico UP10, que corresponde à bacia do Rio Terra Nova situa-se no Sertão de Pernambuco, entre 7° 40'20" e 8° 36'57" de latitude sul, e 38° 47'04". Enquanto a bacia hidrográfica do grupo de pequenos rios interiores 9 - GI9 apresenta uma área de 536,09 km², representando um percentual de 0,55% da área total do Estado de Pernambuco. A área de drenagem da bacia abrange 3 municípios, todos parcialmente inseridos na bacia. Os municípios integrantes são: Exú, Moreilândia e Serrita (APAC, 2017).

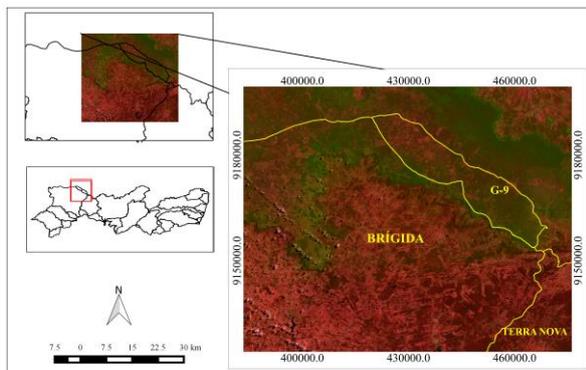


Figura 1- Mapa de Localização das bacias hidrográficas

Neste estudo agregou-se dados referentes a precipitação pluviométrica que foram adquiridos no site da Agência Pernambucana de Águas (APAC). Constatou-se que no ano de 2008, precipitou o total de 94,7 mm durante os 12 meses, enquanto que em 2011 totalizou o valor de 676,4 mm. Conforme a Figura 2, observou-se maior precipitação no ano 2011, principalmente em março, que correspondente a 141,3 mm. Para 2008, entre maio a agosto e posteriormente em dezembro não ocorreu evento chuvoso na região.

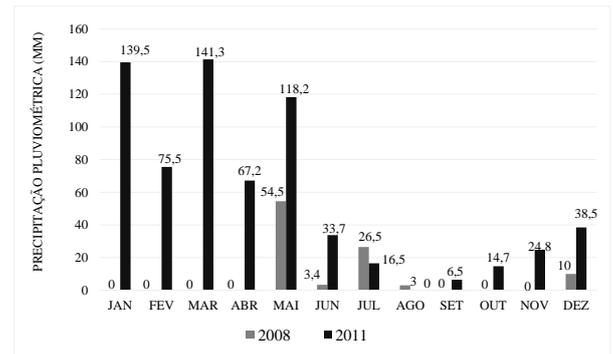


Figura 2- Precipitação mensal referentes aos anos 2008 e 2011

Foram utilizadas imagens nas datas de 21/09/2008 e 29/08/2011 do satélite *Land Remote Sensing Satellite* (Landsat 5), sensor *Thematic Mapper* (TM), órbita 217 e ponto 65, composta por sete bandas espectrais adquiridas gratuitamente através do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). No estudo foi utilizado o software livre QGIS na versão 2.8.7 para o processamento de dados para geração das cartas dos índices NDVI e NDWI.

A primeira etapa realizada foi a calibração radiométrica que corresponde a obtenção da radiação espectral de cada banda (L_{λ_i}), com a aplicação da equação de Markham & Baker (1987), conforme abaixo:

$$L_{\lambda_i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Em que: “a” e “b” são radiâncias espectrais mínimas e máximas ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) obtidos em Chander e Markham (2007); ND é a intensidade do pixel (número inteiro entre 0 e 255) e; “i” cada banda do satélite Landsat 5.

Posteriormente, realizou-se o cálculo da reflectância que corresponde a razão entre o fluxo de radiação refletida por cada banda e o fluxo de radiação incidente, conforme apresentado na equação de Allen et al. (2007) a seguir:

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cos Z_d} \quad (2)$$

Em que: L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda; k_{λ_i} é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera k_{λ_i} ($Wm^{-2} \mu m^{-1}$) obtidos em Allen et al. (2007); Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

O quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA), ou seja, o d_r é definido por:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{DSA2\pi}{365}\right) \quad (3)$$

Em que o argumento em função do cosseno está em radianos. O valor médio anual de d_r é igual a 1 e o mesmo varia entre 0,97 e 1,03, aproximadamente. Quando a área de estudo tem declividade pequena ou nula, o cosseno do ângulo de incidência da radiação solar é simplesmente obtido a partir do Ângulo de elevação do Sol (E), que se encontra no cabeçalho da imagem, definido por:

$$\cos Z = \cos\left|\frac{\pi}{2}\right| \quad (4)$$

Em que o argumento em função do cosseno está em radianos.

A etapa seguinte foi concernente aos índices compostos por este estudo. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) que é a razão entre a diferença das reflectâncias das faixas do infravermelho próximo (ρ_{iv}) e vermelho (ρ_v) com a soma das mesmas, bandas 4 e 3 do TM Landsat 5, respectivamente.

$$NDVI = \frac{(\rho_{iv} - \rho_v)}{(\rho_{iv} + \rho_v)} \quad (5)$$

Para o Índice de Umidade por Diferença Normalizada (NDWI) que corresponde a razão entre a diferença das reflectâncias das faixas do infravermelho próximo (ρ_{iv}) e o infravermelho médio (ρ_{mir}) com a soma das mesmas, banda 4 e 5 do TM Landsat 5, respectivamente.

$$NDWI = \frac{(\rho_{iv} - \rho_{mir})}{(\rho_{iv} + \rho_{mir})} \quad (6)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de NDVI das bacias hidrográficas em estudo referentes aos anos 2008 e 2011 apresentaram-se menores de 0 (zero) até 0,60 (Figura 3 e 4). Conforme Huete & Tucker (1991), os valores de NDVI para os solos expostos são, geralmente, na faixa

de 0,05 a 0,30, embora que as propriedades óticas do solo, não permite definir um intervalo rigorosa de valores de NDVI para solos com pouca ou nenhuma vegetação. A região representada com valores de NDVI entre 0,24 a 0,30 representam regiões com vegetação estressada ou área degradada pela ação antrópica, enquanto as áreas com NDVI maior que 0,44, são regiões de vegetação em vigor.

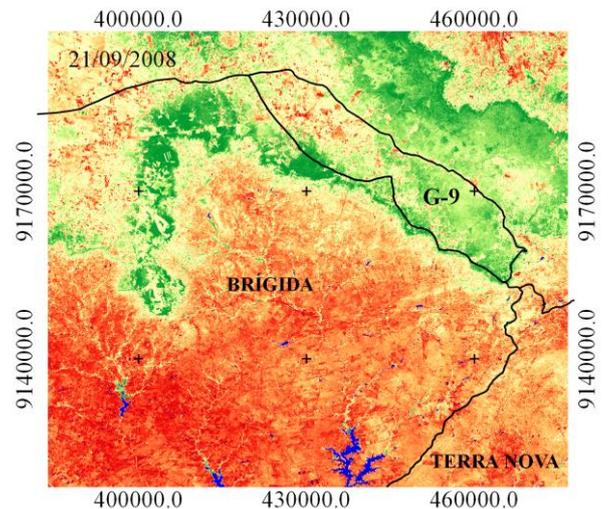


Figura 3- Cartas georreferenciadas de NDVI referente ao ano 2008

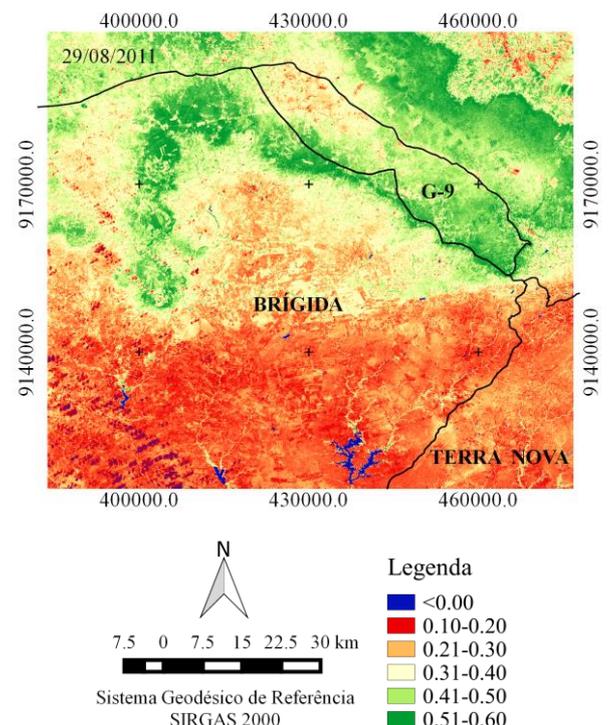


Figura 4- Cartas georreferenciadas de NDVI referente ao ano 2011

TABELA 1 – VALORES ESTATÍSTICOS DO NDVI

Imagem	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
21/09/2008	0,136	0,566	0,351	0,129
29/08/2011	0,146	0,617	0,382	0,141

Com menor valor médio (0,351) para o dia 21/09/2008 e o maior valor médio (0,382) para o dia 29/08/2011, observou-se que houve crescimento na média do NDVI. Este aumento na média do NDVI, na região Norte, é gerado pelo crescimento das áreas com cobertura vegetal, causado pela presença da vegetação na biorregião do Complexo do Araripe, abrangendo os municípios de Exú, Moreilândia, Serrita e Bodocó explicitando a revitalização da mata ciliar.

Através das cartas de NDVI observou-se valores negativos (NDVI<0) representados pela cor azul que correspondem presença de corpos hídricos. Estes resultados condizem com a eficiência do índice, pois estão evidenciados os reservatórios Cachimbo, Chapeú e Lopes II demarcados na parte Sul nas duas cartas de NDVI.

Para o mesmo período, notou-se que a área analisada apresentou uma diminuição nos valores médios do NDWI (Figura 4 e 5) e na Tabela 2 seus respectivos dados estatísticos. Os valores de NDWI encontrados variaram entre -0,30 até 0,35.

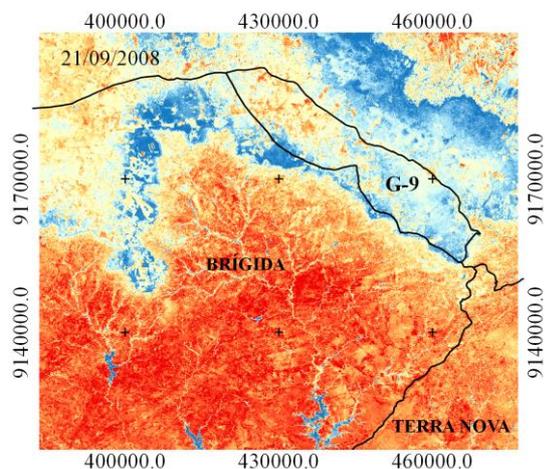


Figura 5- Cartas georreferenciadas de NDWI referente ao ano 2008

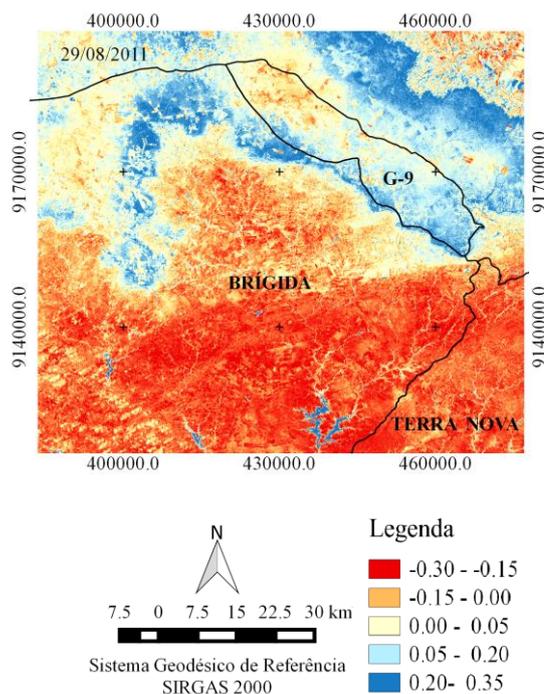


Figura 6- Cartas georreferenciadas de NDWI referente ao ano 2011

Observou-se considerável presença de números negativos, correspondendo a um baixo valor de umidade, representada pelas áreas em vermelho nas Figuras 4 e 5. Nos estudos de Gonzaga *et al.* (2011) também se destacaram valores prioritariamente negativos, o que valida os resultados desta análise nas bacias hidrográficas em estudo.

TABELA 2 – VALORES ESTATÍSTICOS DO NDWI

Imagem	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
21/09/2008	-0,239	0,322	0,041	0,168
29/08/2011	-0,264	0,308	0,022	0,171

Ferreira *et al.* (2012) observaram que para valores de NDWI negativo existe uma correspondência com vegetação seca, solo exposto e áreas urbanas, enquanto que valores superiores a 0,1 foram identificadas como áreas com agricultura irrigada e cursos hídricos. Neste estudo, no entanto, observou-se que a equivalência de valores superiores a 0,2 para áreas com vegetação e cursos hídricos se revela um comportamento espectral mais semelhante.

O NDWI não obteve grande variação nos seus valores e apresentou valores abaixo de 0, o que pode ser atribuído ao baixo regime pluviométrico no mês de setembro nos anos de 2008 e 2011, evidenciando neste estudo áreas com baixo teor de presença de água.

Segundo Oliveira *et al.* (2013), tanto no NDVI quanto no NDWI, a mata ciliar é evidenciada com valores mais elevados que os solos expostos ou área urbana, pois apresenta a característica de ser fotossinteticamente ativa como também de representar alta taxa de umidade devido situar-se nas imediações

dos corpos hídricos. Observaram-se nos NDVI (Figura 3 e 4) e NDWI (Figura 5 e 6) esse comportamento de classes com valores nas margens dos reservatórios que evidenciam mata ciliar.

CONCLUSÕES

Entre os anos de 2008 e 2011 na região das bacias hidrográficas do Rio Brígida, Rio Terra Nova e Grupo Pequenos de Rios (G-9) no Estado de Pernambuco, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) apresentou um aumento enquanto o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) apresentou valores extremamente próximos.

Foi possível evidenciar corpos hídricos pertencentes a área pelos dois índices: NDVI e NDWI. Os índices de vegetação e umidade apresentaram potencial na análise verificada na cobertura vegetal no Sertão Pernambucano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação Científica do primeiro autor (PIBIC/CNPq/UFPE /2017-2018); a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) pelos dados pluviométricos e ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) pela disponibilidade das imagens orbitais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Allen, R. G.; Tasumi, M.; Trezza, R., 2007. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (Metric)- Model. Journal of Irrigation and Drainage Engineering.

Almeida, D. N. O. de, Oliveira, L. M. M., Candeias, A. L. B., Tavares Júnior, J. R., Ribeiro Neto, A., 2017. Caracterização hídrica e uso do solo no sertão pernambucano por índice de vegetação. In Anais 9º Encontro Internacional das Águas – Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, Recife/PE.

Chagas, M. das G. S. das; Galvêncio, J. D.; Pimentel, R. M. de M., 2008. Avaliação da dinâmica espectral da vegetação da caatinga em Arcoverde, PE. Revista de Geografia, v. 25, n° 2, pp. 45-60.

Chander, G.; Markham, B. L.; Helder, D. L., 2007. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensor. Remote Sensing of Environment, v. 113, p. 893-903.

Ferreira, J. M. S.; Ferreira, H. dos S.; Silva, H. A. da; Santos, A. M. dos; Galvêncio, J. D., 2012. Análise Espaço-Temporal da Dinâmica da Vegetação da

Caatinga no Município de Petrolina- PE. Revista Brasileira de Geografia Física, pp. 904-922.

Gao, B. C., 1996. NDWI- A Normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, p.257- 266.

Gonzaga, E.P.; Santos, V.V.; Nicácio, R.M., 2011. Análise do comportamento do NDVI e NDWI em períodos de diferentes intensidades pluviométricas no Sertão alagoano in Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR, Brasil, maio de 2011, pp.1736-1743.

Huete, A.R.; Tucker, C.J., 1991. Investigation of soil influence in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery. International Journal of Remote Sensing, v. 12, p. 1223-1242.

Markham, B.L.; Barker, L.L., 1987. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. Internacional Journal of Remote Sensing, n.3, pp. 517-523.

Novais, L.R.; Lima, A. da C.; Rodrigues, J. A.; Costa, A. M. dos S.; Borges, E. F.; Anjos, C. S., 2011. Análise da vegetação da Área de Preservação Ambiental de São Desidério-BA, a partir do NDVI e NDWI. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), INPE, pp. 1888-1894.

Oliveira, M. M. de; Montenegro, S. M. G.L.; Silva, B. B. da; Moura, A. S. S. de; Gusmão, A. C.V.E.L.; Salgueiro, J. H. P. de B., 2013. Índice de vegetação por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do rio Tapacurá-PE, In: Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, RS.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y., 2010. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos, Silva Vieira Ed. p. 135.

Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J.A.; Deering, D.W., 1973. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Prog. Rep. RSC 1978-1. Remote Sensing Cent., Texas A&M Univ., College Station.

Serviço Geológico dos Estados Unidos - USGS. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso: Julho de 2017.