

APLICAÇÃO DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO ASSOCIADOS AO NDVI EM SISTEMAS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL E DE RECURSOS HÍDRICOS

Hélio Nogueira Bezerra¹; Joel Medeiros Bezerra²; Arthur Mattos^{3}*

Resumo – O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), assim como os produtos de sensoriamento remoto tem sido bastante aplicados em sistemas de monitoramento ambiental. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a aplicabilidade do NDVI associado a produtos de sensoriamento remoto no monitoramento ambiental e de recursos hídricos em áreas semiáridas. Foram utilizadas cinco imagens TM/Landsat-5 para processamento, em procedimentos algorítmicos no Erdas, do NDVI, com auxílio do ArcGIS para confecção dos mapas resultantes, assim como o mapa de uso e ocupação do solo. Dados de precipitação diária foram usados para avaliar a sazonalidade dos resultados de NDVI, compreendendo o período de 01 de janeiro de 2005 a 31 de dezembro de 2010. Os resultados mostraram mapas com valores de NDVI distribuídos espacial e temporalmente, possibilitando a verificação da variação da cobertura do solo por meio de valores, o que facilita na observação dos fenômenos ambientais que venham a degradar o meio. Assim, a aplicação do índice de vegetação com a utilização de produtos de sensoriamento remoto apresentou-se como excelente ferramenta no auxílio do manejo do uso da terra (vegetação nativa e corpos hídricos), servindo como ferramenta auxiliar para sistemas de monitoramento ambiental e de recursos hídricos.

Palavras-Chave – Mapeamento. Uso sustentável.

APPLICATION OF REMOTE SENSING PRODUCTS ASSOCIATED WITH NDVI IN ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES MONITORING SYSTEMS

Abstract – The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), as well as remote sensing products have been fairly applied in environmental monitoring systems. Therefore, the aim of this study was to evaluate the applicability of NDVI associated with remote sensing products in environmental and resource water monitoring in semi-arid areas. We used five images TM/Landsat-5 for processing, in algorithmic procedures in Erdas, the NDVI, with the aid of ArcGIS for making the resulting maps, as well as use and occupation land map. Daily rainfall data were used to evaluate the results of the seasonal NDVI covering the period from 1 January 2005 to 31 December 2010. The results showed maps with NDVI values distributed spatially and temporally, enabling the verification of land cover change through values, which facilitates the observation of environmental phenomena that may degrade the environment. Thus, the application of vegetation index using remote sensing products presented as an excellent tool to aid in the management of land use (native vegetation and water bodies), serving as an auxiliary tool for environmental and water resources monitoring systems.

Keywords – Mapping. Sustainable use.

¹ Mestrando em Engenharia Sanitária. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Caixa Postal 1524, Campus Universitário Lagoa Nova, Natal, RN, CEP 59072-970. Fone: (84) 8888-4026, (84).

² Doutorando em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. R. Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário, Campina Grande - PB, CEP 58429-900. Fone: (81) 9767-5643. E-mail: joel_medeiros@oi.com.br.

³ Doutor em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Caixa Postal 1524, Campus Universitário Lagoa Nova, Natal, RN, CEP 59072-970. Fone: (84) 9988-5547. E-mail: armattos@ct.ufrn.br.

INTRODUÇÃO

Entre as técnicas e tecnologias disponíveis e crescentemente utilizadas, destacam-se o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, os quais tem assumido um papel importante no monitoramento e na estimativa dos diversos fenômenos meteorológicos e ambientais, servindo de suporte para monitoramento das mudanças climáticas e possibilitando a tomada de decisão para preservação ambiental (MOREIRA, 2003).

Uma metodologia bastante utilizada na elaboração de mapas de uso e ocupação do solo é a classificação digital de imagens de sensoriamento remoto.

De acordo com Jensen (2009), as técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo utilizadas desde a década de 1960 na modelagem de vários parâmetros biofísicos da vegetação, que podem ser medidos através dos índices de vegetação, denominados medidas radiométricas adimensionais que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo índice de área foliar (IAF), porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente ativa absorvida (APAR).

Para Oliveira *et al.* (2012) a quantificação de alguns índices de vegetação, por meio de instrumentos convencionais, em escala regional, representaria um grande dispêndio de recursos materiais e humanos. Portanto, recomendam o uso do sensoriamento remoto orbital, que se mostra como uma opção economicamente mais viável e rápida em grandes áreas heterogêneas.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) tem sido bastante utilizado em várias aplicações operacionais, incluindo mapeamentos de classificação do uso da terra (FECHINE; GALVÍNIO, 2008), detecção de mudanças e monitoramento da qualidade ambiental (ARAÚJO *et al.*, 2011).

Para Cunha *et al.* (2012), o uso do NDVI possibilita diagnosticar alterações antrópicas e naturais na paisagem, e orientar políticas de reversão em quadro de degradação ambiental, o que torna essas variáveis úteis no estabelecimento de uso e ocupação sustentável do solo.

A microrregião do Seridó/RN se insere, segundo o Plano Nacional de Combate a Desertificação (PNCD), como área susceptível à desertificação em categoria “muito grave”, conforme Rio Grande do Norte (2008). Essa situação ratifica a importância dos estudos de gestão e monitoramento dos recursos naturais nessa região, a fim de evitar e mitigar danos ambientais.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a aplicabilidade do NDVI associado a produtos de sensoriamento remoto no monitoramento ambiental e de recursos hídricos em áreas semiáridas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de interesse do estudo compreende o entorno do reservatório Dourado, que está situado no município de Currais Novos, região semiárida do estado do Rio Grande do Norte. Essa área é caracterizada pela heterogeneidade no uso e ocupação do solo, que vai desde vegetação nativa até pequenos lotes de pecuária e agricultura.

A precipitação média anual é de 476 mm, e com predominância da vegetação Caatinga subdesértica do Seridó, a mais seca do estado, com arbustos e árvores ralas e de xerofitismo mais

acentuado. O relevo é formado pelo planalto da Borborema, com solo raso e pouco desenvolvido, marcado por afloramentos rochosos e aparecimento de pedregulhos na superfície, caracterizando o neossolo litólico.

Para o cálculo do NDVI foram utilizadas cinco imagens geradas pelo sensor TM (*Thematic Mapper*) do satélite Landsat-5, com cobertura da órbita/ponto 215/64, datadas em: 13 de julho de 2005, 19 de julho de 2007, 19 de junho de 2008, 08 de julho de 2009 e 09 de junho de 2010.

O processamento das imagens foi executado por meio dos procedimentos descritos na Tabela 1, com auxílio do software ERDAS Imagine 9.1, ferramenta *Model Maker*, que permite implementar algoritmos, a partir de modelos alfanuméricos, possibilitando a modelagem dos sistemas matriciais de imagens raster, produzindo mapas com a distribuição espacial das variáveis desejadas.

Tabela 1 – Etapas do processamento do NDVI utilizando produtos de sensoriamento remoto.

Etapa 1 - Calibração Radiométrica	
$L_{\lambda_i} = a_i + \left(\frac{b_i - a_i}{255} \right) ND$	a e b são as radiâncias espectrais mínimas e máximas ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$), apresentadas em Chander e Markham (2003); ND é a intensidade do pixel (número digital – número inteiro de 0 a 255); i são as bandas (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) do sensor TM / Landsat 5.
Etapa 2 - Reflectância Planetária	
$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r}$	L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda; k_{λ_i} é a irradiância solar espectral no topo da atmosfera ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$); Z é o ângulo zenital solar e d_r a razão entre a distância média Terra-Sol dada por $d=1+0,033 \cdot \cos(DSA \cdot 2\pi/365)$, onde DSA é o Dia Sequencial do ano.
Etapa 3 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	
$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V}$	ρ_{IV} , ρ_V correspondem, respectivamente, as bandas 4 e 3 do sensor TM / Landsat 5.

Utilizou-se da variável meteorológica de precipitação pluvial diária a fim de avaliar a variação temporal dos resultados de NDVI. Os dados foram coletados de 01 de janeiro de 2005 a 31 de dezembro de 2010, abrangendo o período das imagens avaliadas.

A carta temática de uso do solo foi gerada a partir da imagem orbital Landsat TM-5, órbita ponto 215/64, com data de julho de 2009 em virtude do máximo espelho d'água dentro do período de estudo, bandas 2B, 3G, 4R, com resolução espacial de 30 metros no terreno, que foi tratada por meio dos softwares SPRING 5.2 e ARCGIS 9.3. Para a confecção dos mapas de uso e ocupação, criou-se um modelo temático para o PI específico Uso da Terra com as diversas classes verificadas in loco.

Desta forma permitindo verificar e quantificar as áreas do contexto em estudo, assim como mostrar a aplicabilidade dessa técnica como ferramenta para auxiliar em sistemas de gestão e monitoramento ambiental e de recursos hídricos.

Uma vez estabelecidos os diferentes mapas temáticos, a determinação da extensão das áreas das diferentes classes mapeadas obtidas constitui tarefa bastante simples, bastando acionar a função

denominada Cálculo de Área. Sendo que a operação de cálculo de área é bastante rápida e de grande importância para fins de planejamento. Por fim realizou-se a avaliação das mudanças de uso do solo, a partir do percentual de ocupação de área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de uso e ocupação da Figura 1 apresenta a distribuição espacial das atividades e da cobertura vegetal que compreendem a área de estudo, tal como o espelho d'água do reservatório Dourado.

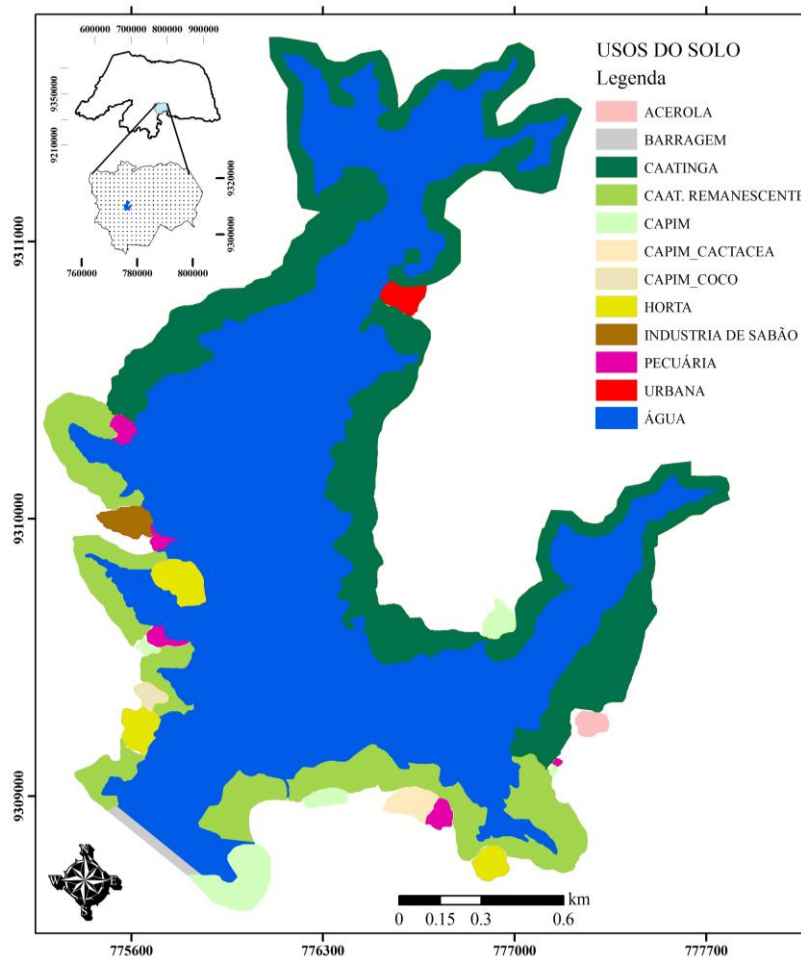


Figura 1 – Mapa de uso e ocupação do solo do entorno do reservatório Dourado (Currais Novos – RN)

A classificação da cobertura do solo, conforme apresentada na Figura 1, nos permite, por meio de procedimentos computacionais, calcular os valores das áreas de cada classe, como é possível ver na Tabela 2. Esses valores podem ser aplicados, por exemplo, no caso da água, em gráficos de Cota-Área-Volume, a fim de identificar mais informações sobre a batimetria do reservatório, tal como tendências de evolução espacial dos múltiplos usos presentes, subsidiando a adoção de medidas conservacionistas.

Tabela 2 – Valores de área e de porcentagem para cada classe de uso e ocupação do solo para o ano de 2009.

Uso e ocupação do solo 2009		
Classes de uso	ha	%
Acerola	0,89	0,25
Água	205,46	57,85
Barragem	1,40	0,39
Caatinga	88,94	25,04
Caatinga Remanescente	38,09	10,72
Capim	6,64	1,87
Capim-Cactacea	1,68	0,47
Capim-Coco	0,76	0,21
Horta	5,63	1,59
Industria de Sabão	1,70	0,48
Pecuária	2,63	0,74
Urbanizado	1,35	0,38
Área Total	355,18	100

Como a vegetação de Caatinga representou quantidade significativa, mais de 35,76% da área total, é necessária a utilização de monitoramento dessas áreas, pois é um bioma bastante vulnerável a degradação ambiental natural, devido figurar em ambientes semiáridos, onde as condições edafoclimáticas são desfavoráveis.

A Figura 2 apresenta a distribuição sazonal da precipitação, relacionada aos resultados de NDVI, expostos nos mapas temáticos da Figura 3, onde é possível observar a variação do espelho d'água do reservatório Dourado no período de estudo, possibilitando, diante de recursos computacionais que utilizam Sistemas de Informações Geográficas e produtos de sensoriamento remoto, quantificar dados necessários para planos de monitoramento de recursos hídricos e ambientais, principalmente em regiões semiáridas, onde as perdas por evapotranspiração são altas, além da má distribuição sazonal da precipitação e prolongados períodos de estiagem.

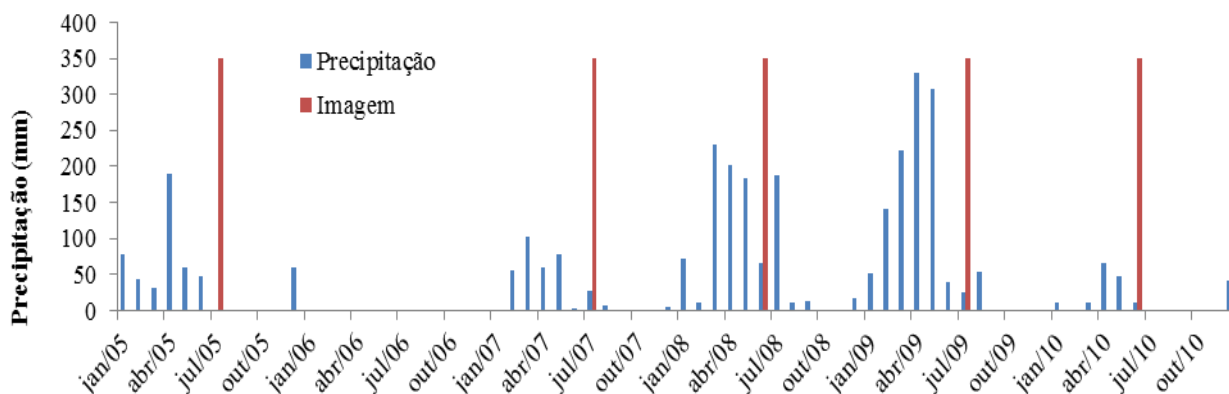


Figura 2 – Variação temporal da precipitação pluvial diária medida em estação meteorológica convencional.

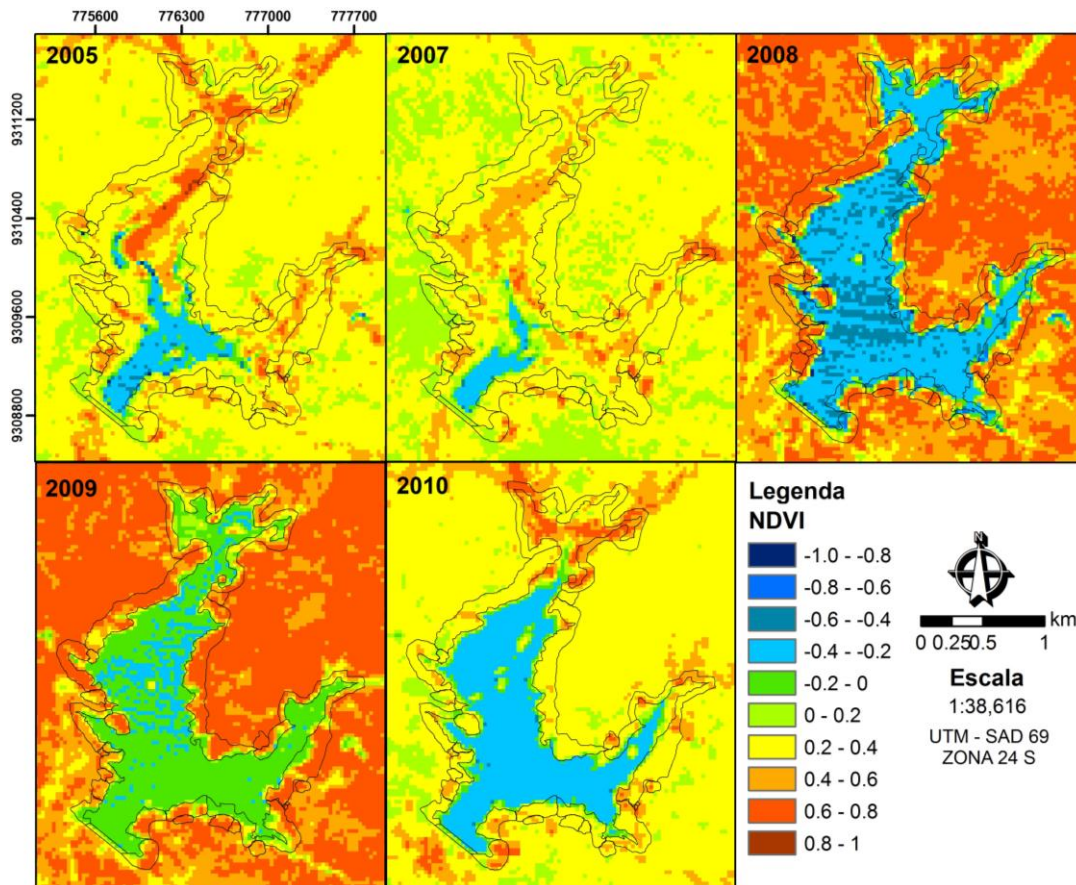


Figura 3 – Mapas temáticos da distribuição espaço temporal do NDVI para a área de estudo (Currais Novos/RN).

Os valores obtidos de NDVI foram coerentes com a sazonalidade dos dados de precipitação, ratificando a aplicabilidade do método em regiões semiáridas. Observa-se na Figura 3 que nos anos de 2005 e 2007, por passar por um período de estiagem, os valores de NDVI de superfície foram baixos (entre 0 e 0,4), nos anos de 2008 e 2009, devido a maior disponibilidade hídrica os valores obtidos para NDVI foram maiores (entre 0,4 e 0,8), já no ano de 2010 a precipitação anual foi muito aquém da média, e por isso apresentou baixos valores de NDVI (entre 0 e 0,4).

Os resultados expressaram claramente o comportamento espectral do uso do solo, presenciando-se as alterações do espelho d'água do corpo hídrico, além das modificações da cobertura vegetal de Caatinga, as quais perdem biomassa como mecanismo fisiológico de defesa a períodos secos, causando uma maior exposição do solo à incidência de radiação, tornando-o mais susceptível a degradação natural, em especial, a desertificação.

Ainda verificou-se que os resultados obtidos corroboraram com Pisani et al. (2009), em que o índice NDVI propiciou uma transição gradual entre os usos do solo e alguns indicativos de degradação ambiental, enquanto a classificação supervisionada por máxima verossimilhança, ao associar os pixels a determinadas classes, não foi sensível à transição gradual entre os mesmos, e identificou áreas menores que as verdadeiras na classe “solo exposto”, em detrimento das áreas de pastagem, cuja área classificada foi superestimada

Portanto, o NDVI pode ser utilizado como indicador de mudanças da superfície do solo, proporcionando respostas espectrais as quais podem ser utilizadas para diversos fins, tais como:

monitoramento ambiental com a identificação da evolução de áreas de solo exposto (desertificação); uso agrícola, subsidiando o planejamento de áreas irrigadas; gerenciamento hidrológico fornecendo informações no manejo da água, e etc.

A Tabela 3 apresenta os valores de NDVI para as classes de uso do solo nos anos de 2007 e 2008, que foram seco e chuvoso, respectivamente. Esse quadro comparativo nos permite observar as alterações sofridas pela superfície terrestre frente aos valores do índice de vegetação, conforme visto com a classe Caatinga, por exemplo, onde em 2007 apresentou valores baixos do NDVI em relação a 2008, o que pode expressar exposição do solo, mostrando a vulnerabilidade desse tipo de vegetação a impactos naturais provenientes da má distribuição de chuvas.

Tabela 3 – Valores do NDVI para as diferentes classes de uso do solo nos anos de 2007 e 2008.

Classes de uso	2007	2008
Acerola	0,6	0,8
Água	-0,4	-0,6
Caatinga	0,3	0,8
Capim	0,6	0,8
Horta	0,6	0,8
Pecuária	0,2	0,4

Embora a imagem NDVI em questão seja eficiente na distinção das classes de solo com cobertura vegetal e solo exposto, não faz uma distinção correta entre os diversos tipos de vegetação, ocorrendo o mesmo tipo em classes de NDVI diferentes, porém próximas. O índice em questão foi eficiente para medir o vigor vegetativo, mas a quase totalidade da área em estudo ficou concentrada entre os valores 0,2 e 0,8, o que contribuiu para homogeneizar determinados tipos de vegetação com diferentes respostas espectrais.

CONCLUSÕES

A aplicação do índice de vegetação com a utilização de produtos de sensoriamento remoto apresentou-se como excelente ferramenta no auxílio da determinação do uso e ocupação da terra (vegetação nativa e corpos hídricos), atuando de forma rápida e prática.

O NDVI mostrou ser uma variável aplicável no planejamento e na gestão ambiental, principalmente em casos onde ocorre a necessidade de aplicação de técnicas de recuperação de áreas nativas degradadas, possibilitando também a delimitação de áreas de preservação ambiental para os corpos hídricos.

Para solo exposto foram encontrados os menores índices e para vegetação de Caatinga adensada os maiores, evidenciando um gradiente de acordo com a cobertura e uso do solo, podendo usar esses índices para modelagem do uso do solo, indicando a presença de vegetação remanescente de mata ciliar.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I.R. de; SILVA, H.P. da; LOPES, A. da S.; ALENCAR, B.P.B. de; SILVA, H.D.B. da. (2010). Cálculo de NDVI no suporte ao estudo de desertificação no município de Orocó – PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3., Recife. *Anais...* Recife, 2011. p. 01-06.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and post calibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, New York, v. 41, n. 11, p. 2674-2677.

CUNHA, J.E. de B.L.; RUFINO, I.A.A.; SILVA, B.B. da; CHAVES, I. de B. (2012). Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.539-548.

FECHINE, J.A.L.; GALVÍNCIO, D.J. (2008). Índice de vegetação por diferença normalizada das cidades de Salgueiro, Mirandiba, Carnaubeira da Penha e Floresta – localizadas no semiárido pernambucano. *Revista Geográfica Acadêmica*, v.2, n.3, p. 60-67.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto da Vegetação. In: Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução: José Carlos Neves Epiphanyo (coord.) et al. São José dos Campos: Parêntese, 2009. p.357-410.

MOREIRA, M.A. (2003). *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 2.ed. Viçosa - MG: UFV. 307 p.

OLIVEIRA, L.M.M. de.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; ANTONINO, A.C.D.; SILVA, B.B. da.; MACHADO, C.C.C.; GALVÍNCIO, J.D. (2012). Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.47, n.9, p.1209-1217.

PISANI, R. J. et al. Análise comparativa entre o método de classificação supervisionada Maxver e NDVI para classes de uso do solo. In: X Congresso Argentino de Ingeniería Rural y II del Mercosur, 2009. Rosário: UNR Editora, 2009. v. 1. p.1681-1684.

RIO GRANDE DO NORTE. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. (2008). *Perfil de seu município – Currails Novos*. Natal, RN, v. 10, p. 1-23. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economicos/arquivos/Perfil%202008/Currails%20Novos.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2013.