

Monitoramento da seca de 2011/12 a partir do NDWI e NDVI padronizado do SPOT-Vegetation

Janice Freitas Leivas¹
Ricardo Guimarães Andrade¹
Luiz Eduardo Vicente¹
Fabio Enrique Torresan¹
Daniel de Castro Victoria¹
Édson Luis Bolfe¹

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite - CNPM
13070-115 - Campinas - SP, Brasil
{janice, ricardo, vicente, torresan, daniel, bolfe}@cnpm.embrapa.br

Abstract. The spatial and temporal analysis of agricultural management and water resources has been largely used with of remote sensing. Vegetation Index has been created for environmental monitoring, for example the Normalized difference vegetation index (NDVI) and Normalized Difference Water Index (NDWI). The drought which occurred in the Brazilian Northeast in 2012 was monitored from the Standardized Vegetation Index and NDWI derived from images of the SPOT-Vegetation satellite due to the large extent of extreme climatic event. Ahead of strong drought that occurs at Brazilian northeast, especially at Bahia state, where almost 250 municipalities are in emergency situation, the objective of this study was evaluate the behavior of NDWI and standard NDVI of SPOT-Vegetation satellite, series from 1998 to 2012. The most critical period has been observed from January 2012, where large areas of semi-arid region of Bahia, NDVI presented much below normal, associated with low moisture content NDWI, which showed predominantly values below zero for the dry period. The methodology proposed based on the analysis of NDVI and NDWI SPOT-Vegetation may be implemented to the monitoring of potential areas of occurrence of droughts the Brazilian northeast due to response variability of NDVI and NDWI to deficit rainfall during the period. The results are satisfactory, indicating the occurrence of severe drought at Bahia from January 2012. It was observed variability of NDWI and delay in the response of moisture vegetation, as can be note in the results of the standardized NDVI. The analyses confirm that the NDWI was effective in monitoring droughts in Bahia.

Palavras-chave: remote sensing, water index, vegetation index, sensoriamento remoto, índice de umidade, índices de vegetação

1. Introdução

A seca é uma deficiência de precipitação durante um período prolongado de tempo que resulta em escassez de água para algumas atividades, grupo ou setor ambiental (NDMC, 2007). A seca de 2011/2012 está sendo considerada a pior dos últimos 30 anos, acarretando, além da deficiência hídrica que assola o Nordeste Brasileiro (NEB), aumento nos preços dos alimentos. Segundo a União dos Municípios da Bahia, a seca que atinge o semi-árido nordestino deve prejudicar a produção de milho e feijão, além de inviabilizar a de mel e leite. A Coordenação Estadual de Defesa Civil (CORDEC) aponta que dos 417 municípios baianos, 259 encontram-se em situação de emergência por conta da seca que atinge o estado. De acordo com o órgão, somente neste ano, 2.957.485 habitantes foram afetados. Outros 15 municípios decretaram emergência por conta de incêndios.

A má distribuição da precipitação no estado da Bahia acarreta expressivas mudanças na cobertura vegetal, como erosão superficial, ausência de vegetação, baixa fertilidade e, conseqüentemente, desertificação. A desertificação gera e acentua a escassez de recursos

naturais vitais para a sobrevivência humana, tais como água potável, solo agrícola e vegetação (Silva et al., 2009).

Diante da necessidade de monitoramento da vegetação em grandes áreas, o índice de vegetação da diferença normalizada (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI) e índice da água da diferença normalizada (Normalized Difference Water Index - NDWI) têm sido amplamente utilizados para avaliar o vigor vegetativo da cobertura vegetal e verificar as condições hídricas da superfície, respectivamente.

O NDWI é um método desenvolvido por McFeeters (1996) com o intuito de delinear feições na água presentes no ambiente e realçar a presença das mesmas na imagem digital obtida por sensoriamento remoto. Este índice derivou do NDVI, o qual se baseia na assinatura espectral característica de uma vegetação verde e sadia que mostra um evidente contraste entre a combinação das bandas do vermelho e do infravermelho próximo. O NDWI é obtido através de combinações das bandas espectrais do infravermelho próximo (0,86 μm) e infravermelho médio (1,24 μm), proposto por Gao (1996). O índice de vegetação Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) proposto por Rouse et al. (1973) é dado a partir da reflectância das faixas do infravermelho próximo e vermelho. Os índices têm sido utilizados em estudos de monitoramento do estresse hídrico em soja e milho (Jackson et al., 2004), monitoramento de vegetação ripária (Yoshida, 2005), risco de fogo (Verbesselt et al., 2006), mapeamento de áreas úmidas e mudanças ambientais (Xu, 2006; Ouma e Tateishi 2006).

Os produtos decenais de NDVI e NDWI do sensor Vegetation (VGT), a bordo do satélite SPOT, tem a finalidade específica de imageamento da vegetação. Com a finalidade de quantificar as anomalias em forma de desvio padrão em relação à média, obteve-se o Índice de Vegetação Padronizado (IVP), da série histórica de 1998 a 2012.

Diante da intensa seca que assola o nordeste brasileiro, principalmente o estado da Bahia, o objetivo deste estudo foi monitorar o comportamento da cobertura vegetal e das condições hídricas, através da análise do IVP em relação ao padrão histórico para cada pixel do período de outubro de 2011 a outubro de 2012 e do NDWI do SPOT-Vegetation.

2. Metodologia de trabalho

A área de estudo é o estado da Bahia (Figura 1). A Bahia está localizada na zona intertropical, apresentando uma elevada quantidade de luz incidente na superfície do local, resultando em temperaturas muito elevadas durante o ano todo com precipitação mal distribuída no decorrer do ano. Segundo a classificação de Koeppen, são identificados os tipos climáticos ao longo da região de estudo: Af (quente e úmido) na parte litorânea do sudeste da Bahia e Aw (quente e úmido) que abrange o Recôncavo Baiano e BSh (semi-árido).

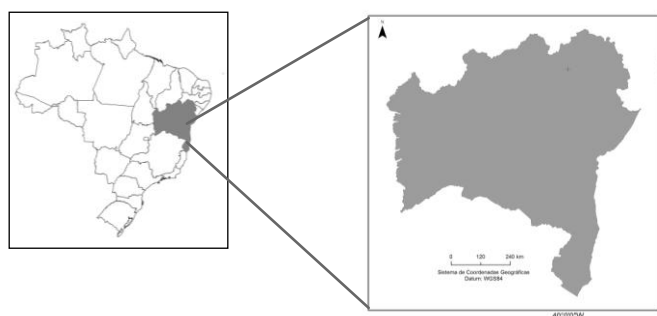


Figura 1. Localização da área de estudo

Para a realização do trabalho, foram utilizados os produtos V2KRNS10 do sensor SPOT Vegetation (VGT) que fornece a síntese decendial do NDVI e o produto g2_BIOPAR_NDWI_SouthAmerica_VGT2, referente ao NDWI. O produto é obtido a partir do valor máximo do índice de vegetação observado durante o período da composta temporal (10 dias) para cada pixel da imagem, o *Maximum Value Composite* (MVC). Como o produto é decendial, ocorre seleção dos pixels com maior valor de NDVI durante o período, reduzindo a contaminação por nuvens. O V2KRNS10 possui resolução radiométrica de 8 bits e resolução espacial de 1km.

A partir do produto V2KRNS10 foi obtido o Índice de Vegetação Padronizado (IVP) ao aplicar a metodologia proposta por Park et al. (2008), que permitiu quantificar o quanto o índice de vegetação de um determinado decêndio difere do valor médio de longo prazo para o mesmo decêndio.

Para cada decêndio, foi calculada a imagem anomalia de vegetação. Este cálculo foi realizado pixel a pixel e foi obtido através da subtração do NDVI mensurado no decêndio e a média de longo prazo do NDVI do decêndio, dividido pelo desvio padrão do NDVI do referido decêndio. Com isso, foi obtido o valor da anomalia de vegetação para cada decêndio do período analisado na Bahia.

A partir da imagem anomalia de vegetação, ou seja, o quanto o IVP ficou acima ou abaixo da média do NDVI para o decêndio, pode-se identificar a variabilidade da vegetação. Esses resultados foram comparados com os dados de precipitação padronizados (SPI – Standard Precipitation Index) do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

Para obtenção do Índice de Vegetação Padronizado (IVP) foi necessário gerar as imagens médias de NDVI de cada decêndio, do período de abril de 1998 a 2012. A partir daí, foram obtidas as anomalias da cobertura vegetal em relação ao padrão histórico para o período analisado, ou seja, o quanto o vigor vegetativo ficou acima ou abaixo da média para o decêndio referido. O Índice de Vegetação Padronizado (IVP) foi obtido conforme a expressão:

$$IVP_{dec} = \frac{NDVI_{dec} - NDVI_{med dec}}{\sigma_{dec}}$$

Onde, IVP_{dec} é o Índice de Vegetação Padronizado do decêndio referido; $NDVI_{dec}$ é o Índice de Vegetação do decêndio referido; $NDVI_{med dec}$ é a média do Índice de Vegetação para diversos anos, no decêndio referido; σ_{dec} é o desvio padrão dos índices de vegetação de vários anos no decêndio referido. Os valores de IVP e IPP foram categorizados de acordo com a Tabela 1, que representam valores do índice de vegetação muito abaixo do normal ($IVP < -2$) até muito acima do normal ($IVP > 2$).

Tabela 1 - Intervalos de classes dos valores do Índice de Vegetação Padronizado (IVP) e sua correspondente categorização indicativa.

Valores de IVP	Categorização	Legenda IVP
$\leq -2,0$	Muito abaixo do normal	Vermelho escuro
$-2,0 < IVP \leq -1,5$	Abaixo do normal	Vermelho
$-1,5 < IVP \leq -1,0$	Ligeiramente abaixo do normal	Laranja
$-1,0 < IVP \leq 1,0$	Normal	Amarelo/ Branco
$1,0 < IVP \leq 1,5$	Ligeiramente acima do normal	Verde claro/ Azul claro
$1,5 < IVP < 2,0$	Acima do normal	Verde / Azul
$\geq 2,0$	Muito acima do normal	Verde escuro / Azul escuro

Com a obtenção do Índice de Vegetação Padronizado (IVP), foi possível avaliar o vigor vegetativo em relação aos padrões históricos (1998/2012) para cada pixel e decêndio do período analisado, no estado da Bahia.

Os resultados foram expressos em desvios padrão em relação à média, ou seja, anomalia de vegetação em relação à média, possibilitando avaliar a distribuição espacial dos Índices de Vegetação Padronizado (IVP). A escala em tons de verde corresponde aos valores de NDVI ligeiramente acima do normal, acima do normal e muito acima do normal, respectivamente, ou seja, pode-se afirmar que o NDVI está acima do que era esperado para o local e decêndio analisado. As áreas em amarelo correspondem ao Índice de Vegetação (NDVI) normal, ou seja, NDVI da área assemelha-se à média

do período 1998/2012, para o referido pixel. Nas áreas em tom de cinza não foram obtidos dados. Isto se deve à presença de nuvens ou pixels ruidosos, eliminados na fase de pré-processamento. Em cada decêndio, foi determinada a variação média do IVP ao longo do tempo. Para tanto, associando-se as imagens decendiais do SPOT Vegetation ao mapa de referência, foi possível determinar o IVP em cada local (pixel). Foi analisado o IVP em relação ao NDWI e à precipitação padronizada (SPI) do INMET.

3. Resultados e Discussão

Nas Figuras 2 e 3 são apresentados os valores padronizados de NDVI e NDWI, respectivamente, para o período de outubro de 2011 a outubro de 2012, na Bahia. Observa-se que o IVP variou entre normal e abaixo do normal na maior parte da Bahia, com exceção ao período entre novembro e dezembro de 2011, onde foi observado IVP acima do normal para o período. Na Figura 3, observam-se valores de NDWI abaixo de zero desde outubro de 2011. O comportamento da cobertura vegetal nessa região respondeu à precipitação com a defasagem de um a dois meses. A partir de janeiro de 2012, observa-se intensificação da seca na Bahia, sendo considerada como a pior dos últimos 30 anos. Os valores do IVP a partir de janeiro de 2012 ficaram predominantemente muito abaixo do normal, chegando a -2 desvios padrão em relação à média, representado em tons de vermelho. Em todo o período analisado, o NDWI (Figura 3) apresentou predominância de valores inferiores a zero, representada em tom vermelho, entre -0,2 a -0,6 indicando condição de baixa umidade em grande parte do estado da Bahia, exceto na faixa litorânea onde os valores de NDWI variam entre 0,2 e 0,5 (azul), devido à influência da costa oceânica.

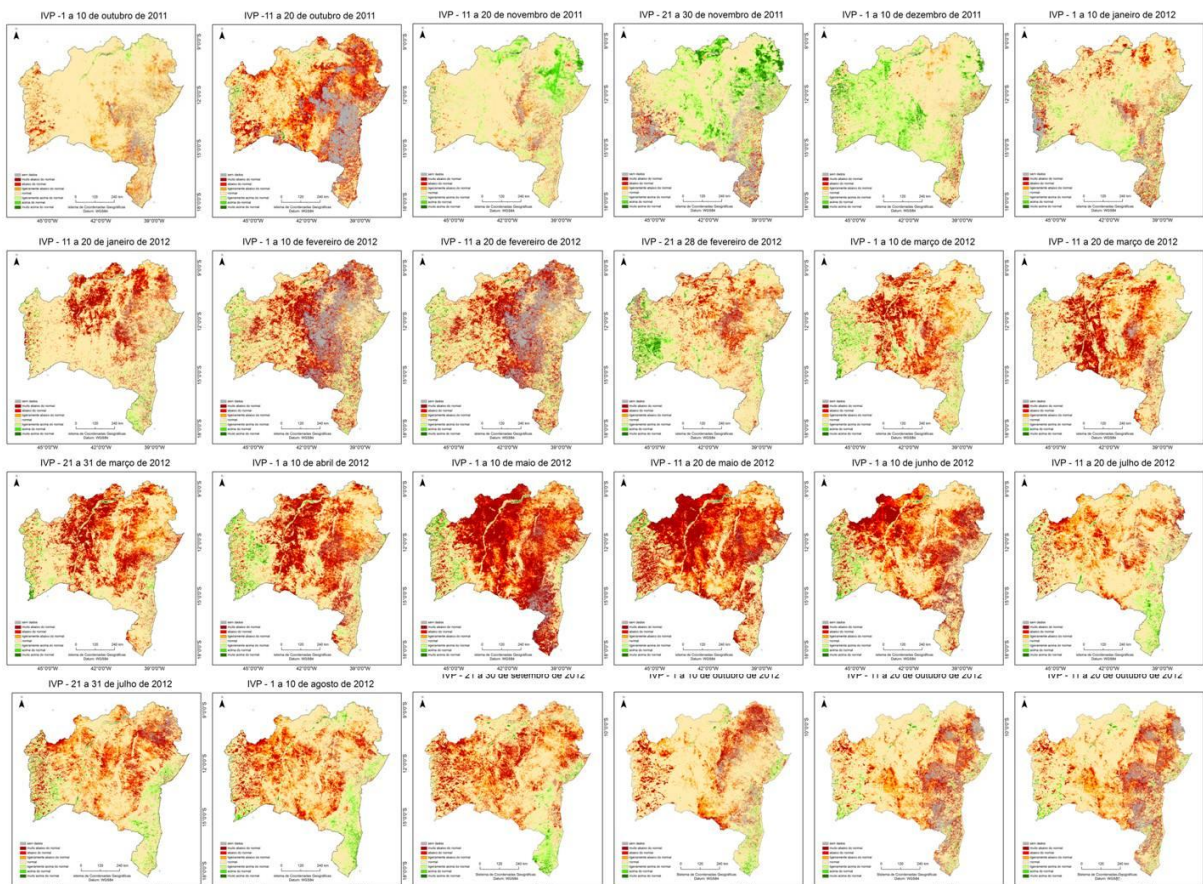


Figura 2. Distribuição espacial do Índice de Vegetação Padronizado, de outubro de 2011 a outubro de 2012.

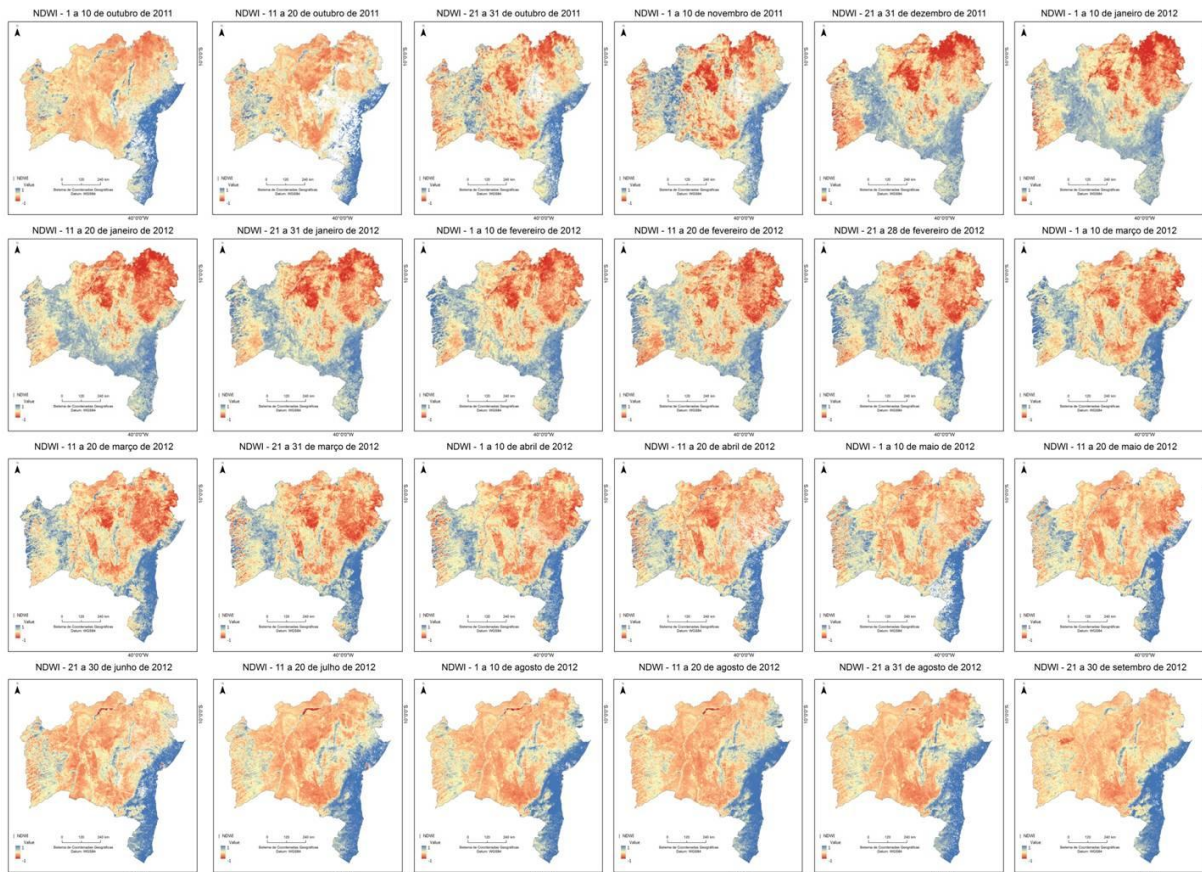


Figura 3. Distribuição espacial do NDWI, de outubro de 2011 a outubro de 2012.

Com a ocorrência da intensa seca, as anomalias de NDVI e do NDWI ficaram extremamente baixas, corroborando com pesquisas anteriores, tais com as realizadas por Silva et al. (2009), Esping et al. (2006), avaliaram o comportamento do NDVI e sua relação com variáveis como a precipitação em região semi-árida. Na Figura 4, a precipitação padronizada (SPI) do INMET, observa-se que a partir de janeiro de 2012, a ocorrência de anomalias da precipitação em relação à média, classificando o período extremamente seco em grande parte da Bahia. Em abril de 2012, todo o nordeste brasileiro registrou chuva muito abaixo do normal. Observa-se defasagem entre o NDVI e a precipitação padronizada. O comportamento do NDVI está fortemente influenciado pela precipitação, bem como o tempo da defasagem de dois meses entre a precipitação e o NDVI, conforme já constatado em estudos anteriores como o realizado por Ávila et al. (2009) e Wang et al. (2003). Barbosa et al. (2011) analisaram a dinâmica temporal do NDVI no semi-árido do nordeste brasileiro, ocupado pela caatinga e em área de savana africana, verificando que o NDVI varia de acordo com as condições climáticas locais, apresentando uma lacuna temporal entre a ocorrência de precipitação e absorção de água disponível na vegetação corroborando com o monitoramento das secas e a resposta da cobertura vegetal, através do IVP. Molion et al. (2002) mostraram que em praticamente toda Bahia, norte de Minas Gerais, noroeste do Espírito Santo e partes sul do Maranhão e Piauí e extremo sudoeste de Pernambuco, os índices pluviométricos variam de 600 mm/ano (interior) a mais de 3.000 mm/ano (litoral) e seu período mais chuvoso está compreendido entre os meses novembro a fevereiro (NDJF). Na seca de 2012, a precipitação esperada não ocorreu, conforme constatado nos resultados deste estudo, causando sérios problemas para a população.

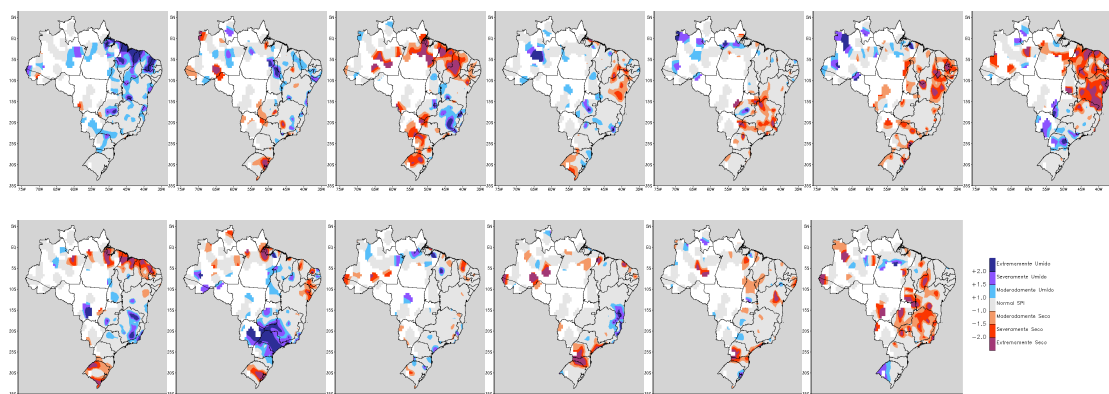


Figura 4. Índice de Precipitação Padronizado (SPI) do INMET, de outubro de 2011 a outubro de 2012 (Fonte: INMET/Instituto Nacional de Meteorologia).

4. Conclusões

A seca que ocorreu no nordeste brasileiro em 2012 pode ser monitorada a partir o Índice de Vegetação Padronizado derivado das imagens do satélite SPOT-Vegetation devido à grande extensão do evento extremo climático. O período mais crítico foi observado a partir de janeiro de 2012, onde grandes áreas do semi-árido da Bahia apresentaram NDVI muito abaixo do normal, associadas ao baixo índice de umidade NDWI, que apresentou predominância de valores inferiores a zero para o período da seca. A metodologia proposta a partir da análise do NDVI e do NDWI do SPOT-Vegetation pode ser aplicada para o monitoramento de áreas com potencial de ocorrência de secas no nordeste brasileiro devido à resposta da variabilidade do NDVI e NDWI ao déficit de precipitação no período.

5. Referências

Ávila, A.M.H; Gonçalves, R.R.V.; Pinto, H.S.; Zullo, J.J. Relação entre a precipitação e o NDVI em imagens AVHRR/NOAA para a cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. . In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 14., 2009, Natal. **Anais...**, São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos: p. 553-560. On-line. ISBN:978-85-17-00044-7.

Barbosa, H.A.; Kumar, T.V.L.; Silva Junior, I.W. Analysis of the NDVI Temporal Dynamics in Semi-arid Ecosystems: Brazilian Caatinga and African Western Sahel. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.02, p. 300-306, 2011.

Gao, B. NDWI- a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v.58, 257-266, 1996.

Hiroiyuki Yoshida, H. Observation of riparian vegetation in western Namibia using NDVI and NDWI derived from Spot-Vegetation. **African Study Monographs**, v. 30, n.4, p. 153-163, 2005

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Disponível em: <<http://inmet.gov.br/>>. Acesso em: 10.out.2012.

Jackson, T.J.; Chenb, D.; Cosha, M.; Lia, F.; Andersonc,, M.; Walthalla, C.; Doriaswamy, P. Hunta, R. - Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. **Remote Sensing of Environment**. v.92, p. 475-482, 2004.

Mcfeeters, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 7, p. 1425-1432, 1996.

Molion, L. C. B; Bernardo, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

NDMC, 2007: Inaugural Annual Report 2006-2007. National Disaster Management Centre, Provincial and Local Government Department, Pretoria, South Africa, 172 pp.

Ouma, Y. O.; Tateishi, R.. A water index for rapid mapping of shoreline changes of five East African Rift Valley lakes: an empirical analysis using Landsat TM and ETM+ data. **International Journal of Remote Sensing**, v.27, p.3153–3181, 2006.

Park J. S.; Kim, K. T.; Choi, Y. S. Application of Vegetation Condition Index and Standardized Vegetation Index for assessment of spring drought in South Korea. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2008. IGARSS 2008, Boston, Massachusetts, U.S.A. **Proceedings...** IEEE International, vol. 3, p. III-774 July 2008.

Silva, N. P. N.; Moura, G. B. A.; Giongo, P. R.; Silva, A. O. Dinâmica espaço-temporal da vegetação no semi-árido de Pernambuco. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.195-205, 2009.

Verbesselt, J.; Jönsson, P.; Lhermitte, S.; Aardt, J.; Coppin, P. Evaluating Satellite and Climate Data-Derived Indices as Fire Risk Indicators in Savanna Ecosystems. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote**, v. 44, n. 6 p.1622-1632, 2006.

Wang, J.; Price K. P.; Rich, P. M. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the Central Great Plains. **International Journal of Remote Sensing**, v.24, n.11, p.2345-2364, 2003.

Xu, H. Q. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.27, p.3025–3033, 2006..

Jackson, T.J.; Chen, D.; Cosh, M.; Li, F.; Anderson M.; Walthall, C.; Doriaswamy, P.; Hunt, E. R. Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. **Remote Sensing of Environment**. v.92, p. 475-482, 2003.