

Análise preliminar da seca de 2012 no agreste e sertão alagoano, utilizando índices de vegetação através do sensor modis.

Thomás Rocha Ferreira¹
Frederico Tejo Di Pace¹
Carlos Denyson da Silva Azevedo¹
Dimas de Barros Santiago¹
Jéssica Rodrigues Delgado¹

¹ Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Instituto de Ciências Atmosféricas – ICAT
Av. Lourival Melo Mota, s/n. Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL - Brasil.

E-mail: thomasmcz@gmail.com; fredericodipace@gmail.com; dimas.barros91@gmail.com;
denysonazevedo@gmail.com; jessicarodriguesdelgado@gmail.com.

Abstract: During the year 2012 was observed one of the most intense droughts of the last years in the Northeast of Brazil. This event has encouraged some analytic studies using orbital sensors similar to the current research. The goal of this research was to calculate and analyze the Vegetation Condition Index (VCI) to the Agreste and Interior of Alagoas aiming to evaluate intensity of the drought happened in 2012 in comparison with the last 11 years of Normalized Difference Indices Vegetation (NDVI) orbital images from MOD13Q1. The dates were obtained through EMBRAPA Informática Agropecuária. The results were exposed in thematic maps that highlighted the VCI 5 according to the following: Very low (0-20%), low (20-40%), Medium (40-60%), good (60-80%) and very good (80-100%), which revealed the potential of the ecosystem showed no greater than 0.85444 to 0.90256 for the Interior or Agreste NDVI, where the largest class assigned to the region was within the class index "good". A satisfactory response was observed regarding increased and decreased precipitation in the cities where it was possible to verify it. Indices classes: very low and low were found mainly at the beginning and end of the year in all the cities of the Interior and most of the Agreste, with emphasis on Canapi, Major Isidoro and Ouro Branco in Interior and the Cacimbinhas, Craíbas and Minador Negrão in the Agreste, with indices indicated more critical situation.

Palavras-chave: remote sensing, NDVI, VCI, Alagoas, sensoriamento remoto, IVDN, ICV, Alagoas.

1. Introdução

Devido à escassez dos dados meteorológicos de uma região, a incorporação de dados de satélites de cobertura global e alta resolução temporal no monitoramento dos fenômenos naturais como os ciclones, cheias e secas, tornaram-se uma boa alternativa na quantificação dos parâmetros biofísicos da superfície terrestre. Portanto, o uso de imagens de satélites é, na escala de tempo e espaço, o meio mais objetivo para o acompanhamento e análise do sistema superfície-atmosfera.

É de suma importância o conhecimento prévio desses parâmetros para a redução do seu impacto e para possíveis definições das estratégias de mitigação de seus efeitos.

O IVDN (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) é o índice de vegetação mais amplamente usado no processamento de dados de satélite, como observado nos trabalhos Da Costa et al. (2009), Di Pace et al. (2008). Dos Santos (2012), Ideião et al. (2008), Matos et al. (2013), Novas (2008) e Santiago et al. (2013), ele explora as propriedades espectrais das superfícies vegetativas de absorver nos comprimentos de onda do visível pela clorofila nas folhas verdes, utilizando a energia para a fotossíntese e refletir fortemente no infravermelho próximo, em face da turgidez das folhas saudáveis. Esse índice pode ser um estimador da radiação usada dentro do processo da fotossíntese que ocorre nas folhas, assim como das variações sazonais e interanuais ligadas à planta (LIU, 2003 apud NOVAS, 2008; STÖCKLI e VIDALE, 2004; STÖCKLI, 2005). São as reflectâncias da superfície no infravermelho próximo (0,8µm a 1,1µm) e no visível (vermelho – 0,6µm a 0,7µm) (ASRAR *et al.*, 1984). Esse índice é expresso numa escala de -1 a +1, os valores negativos correspondem a áreas cobertas com água, e em áreas continentais o seu valor se situa entre 0 e 1, e quanto maior o vigor e presença de vegetação na superfície, maior o valor de IVDN. (DOS SANTOS, 2012).

Kogan (1995a, 1995b) assim como posteriormente nas pesquisas de Covele, (2011), e Sá (2008), estudando o IVDN, concluiu que esse índice responde, levando em consideração duas

componentes, uma ecológica e outra climática. Em áreas vegetadas, as variações neste índice relacionadas ao clima são mascaradas pela componente do ecossistema, sendo de difícil detecção; quando o IVDN é usado para análises dos impactos do tempo sobre a vegetação, a componente climática deve ser separada da componente do ecossistema. A estimativa dos impactos do tempo sobre a vegetação é possível somente após a separação da variabilidade relacionada às contribuições dos recursos geográficos (ecologia). A componente do ecossistema é, principalmente, controlada pelas mudanças paulatinas dos fatores ambientais como clima, solo, topografia e tipo de vegetação, as quais determinam a quantidade e distribuição da vegetação sobre a superfície terrestre. A componente climática do IVDN é controlada pelos parâmetros do tempo como chuva, temperatura, vento, os quais refletem o estado da vegetação e o viço no ciclo anual bem como é sobreposta à componente do ecossistema, tanto que a maior resposta da vegetação é alcançada em anos em que as condições climáticas são favoráveis, estimulando o uso dos recursos do ecossistema (COVELE, 2011; SÁ, 2008; KOGAN, 1995a, 1995b, 1997; SINGH *et al.*, 2003).

Os valores máximos e mínimos do IVDN calculados para um determinado período de uma localização geográfica, os quais englobam eventos extremos de variação climática, podem ser usados como um critério na quantidade de recursos do ecossistema, ou seja, o potencial do ecossistema ou a capacidade de carregamento daquela região. Trabalhos como o de Kogan (1995a, 1995b, 1997), e posteriormente de Covele, (2011), surgiram a partir das pesquisas sobre o fenômeno da seca, a princípio nos Estados Unidos e posteriormente para outras partes do globo, onde Kogan (1995a, 1995b) desenvolveu o Índice de Condição da Vegetação (ICV) e o índice de condição da temperatura (ICT), que estimam os impactos da variação climática sobre a vegetação, através de dados do AVHRR (IVDN e canal 4), sendo o ICV um índice que quantifica a componente do tempo, estando relacionado mais estreitamente à quantidade de umidade (KOGAN e ZHU, 2001).

Diante do exposto, essa pesquisa se propõe a aplicar o uso de índices de vegetação como IVDN e ICV para analisar a seca de 2012 no Agreste e Sertão Alagoano em relação aos últimos 11 anos.

2. Metodologia de Trabalho

A região do Nordeste Brasileiro está localizada na zona intertropical da Terra, caracterizada por grande quantidade de luz incidente na superfície da região e temperatura elevada durante todo o ano, com uma distribuição de precipitação irregular. Devido aos diferentes tipos de vegetação, clima e regime pluvial, encontrados em Alagoas, optou-se pelo foco no Sertão, região que historicamente possui um impacto maior quanto aos períodos de seca, ressaltado pela economia da região que gira em torno da pecuária, e no Agreste, conhecido como área de transição.

O Agreste e Sertão Alagoano apresentam um clima tropical semiárido e como cobertura vegetal a Caatinga, numa região de baixa umidade; sua localização foi destacada na Figura 01, abrangendo a área $-38,2^{\circ}$ a $-36,2^{\circ}$ de Longitude e de $-8,9^{\circ}$ a $-10,2^{\circ}$ de Latitude.



Figura 01 - Área de estudo: Sertão e Agreste Alagoano.

A constante cobertura de nuvens sobre o NEB pode ocasionar erros imensos no cômputo de variáveis obtidas através de imagens orbitais (Di PACE, 2004), logo, optou-se pelo produto MOD13Q1 do nível 3 do sensor MODIS, onde o efeito das nuvens é minimizado.

O produto MOD13Q1 apresenta dados sobre os Índices de Vegetação IVDN e EVI (*Enhanced Vegetation Index*) apresentando uma resolução espacial de 250 metros, consistindo em um mosaico de imagens composto por observações de 16 dias de reflectâncias bidirecionais diárias. As observações coincidem com o início do calendário mensal com projeção Sinusoidal (SILVA, 2004 apud MATOS et al, 2013). O Mosaico que gera o produto MOD13Q1 é realizado visando: minimizar a presença de nuvens para obter os Índices na melhor resolução espacial possível, padronizar a geometria de aquisição e iluminação dos dados, assegurar qualidade e eficiência dos dados, entre outros benefícios (LATORRE et al., 2007 apud MATOS et al., 2013).

A EMBRAPA, Informática Agropecuária, iniciou o desenvolvimento do Banco de Produtos MODIS na Base Estadual Brasileira, com o intuito de armazenar e disponibilizar ao usuário imagens prontas para uso, sem a necessidade de qualquer processamento complementar. O banco de produtos MODIS da EMBRAPA realiza o processamento dos produtos MOD13Q1 que, entre outras etapas, inclui a geração do mosaico dos tiles (recortes espaciais) que cobrem o território nacional, a reprojeção cartográfica, que transforma a sinusoidal em geográfica (*datum* WGS-84) com formato de saída GeoTIFF. (Esquerdo et al, 2011).

Foram coletadas imagens de IVDN referentes ao Estado de Alagoas do produto MOD13Q1 da EMBRAPA, no período de Janeiro de 2003 a Janeiro de 2014, a partir das imagens disponíveis no endereço eletrônico: <http://www.modis.cnptia.embrapa.br/geonetwork/srv/pt/main.home>.

As imagens foram recortadas a partir dos shapefiles (arquivos em formato de vetores geoespaciais) destacando o Sertão Alagoano como área de interesse. Os shapefiles estão disponíveis pelo endereço FTP do IBGE: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/escolares/mudos/municipios/>.

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN), obtido através do produto MOD13Q1, é representado pela seguinte expressão (Allen et al. 2002):

$$IVDN = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (01)$$

Onde ρ_{IV} e ρ_V correspondem as reflectâncias do infravermelho próximo e do visível.

O Índice das Condições de Vegetação (ICV) desenvolvido por Kogan (1990) representa a percentagem de IVDN em relação a sua máxima amplitude em cada local e é calculada a partir da diferença entre o máximo e o mínimo IVDN. O ICV foi calculado para as imagens correspondentes ao ano de 2012.

A seguinte fórmula é usada:

$$ICV = \frac{IVDN_j - IVDN_{min}}{IVDN_{max} + IVDN_{min}} \quad (02)$$

Onde, ICV é o índice da condição de vegetação no período j; $IVDN_j$ é o IVDN no período j; $IVDN_{max}$ e $IVDN_{min}$ são os valores históricos de IVDN máximo e mínimo no mesmo período j, no caso desta pesquisa, o período foi de 11 anos.

Para se estabelecer o $IVDN_{min}$, foi calculada a média do primeiro percentil de cada imagem de IVDN, ou seja, imagens do período de janeiro de 2003 a janeiro de 2014 e a partir dos resultados, depois, feita uma média final que representa o menor valor de IVDN na região de estudo dentre os anos analisados. O $IVDN_{max}$ foi calculado de modo semelhante, considerando o último percentil de cada imagem para a média.

A partir dos resultados de $IVDN_{max}$ e $IVDN_{min}$, foram calculados os valores de ICV para cada imagem, identificadas as áreas críticas e os resultados foram expostos segundo uma divisão de 5 classes: **Muito baixo** (0-20%), **Baixo** (20-40%), **Médio** (40-60%), **Bom** (60-80%) e **Muito bom** (80-100%).

Foi atribuída a falsa cor para melhor interpretação dos resultados. O tratamento das imagens foi feito no software Erdas Imagine 9.2.

3. Resultados e Discussão

3.1 Sertão alagoano

Devido aos baixos índices históricos que o Sertão Alagoano apresenta, o $IVDN_{min}$ e o $IVDN_{max}$ calculados não representaram algo diferente e foram respectivamente 0.11387 e 0.85444. Por consequência desses valores, o ICV não pode ser maior que 76.48%, logo a maior classe do ICV que se pode considerar no Sertão Alagoano, analisando os últimos 11 anos, é a de um índice “Bom”. Os Resultados dos índices estão representados na Figura 02:

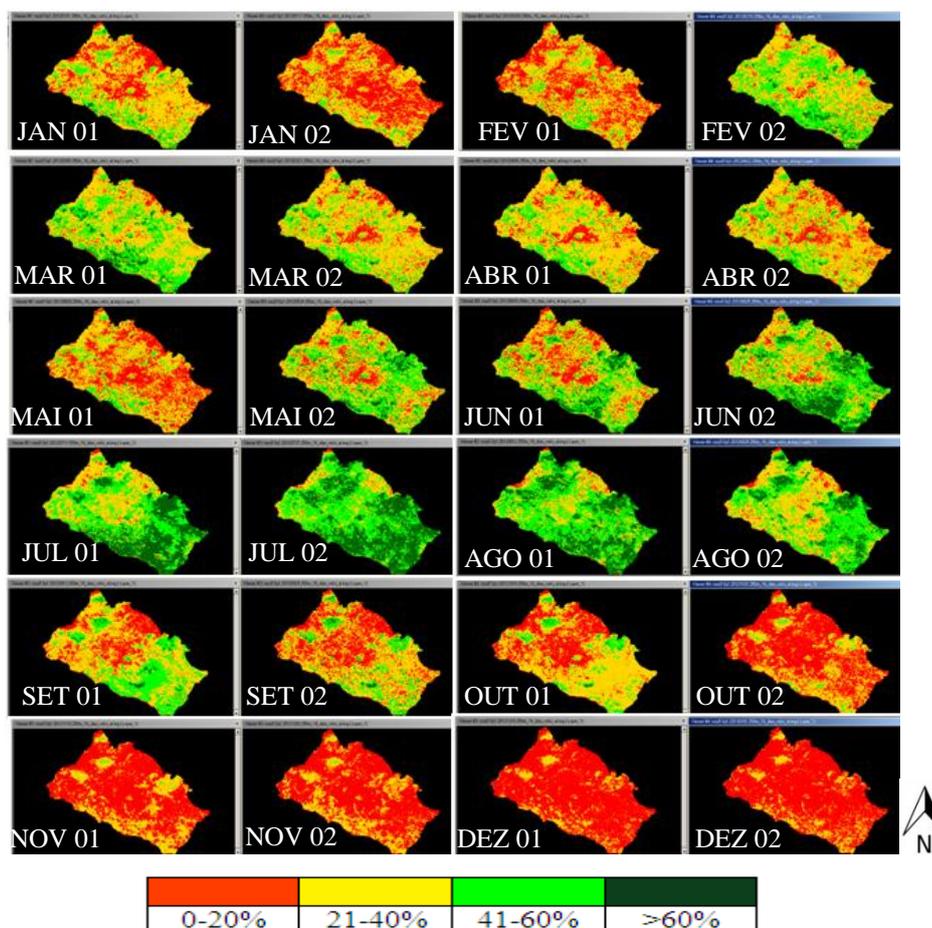


Figura 02: Valores de ICV Para o Sertão Alagoano, 2012.

Segundo a Figura 02, (imagens organizadas no sentido da esquerda para a direita) os períodos de menores índices encontram-se no início e no final do ano, ou seja, imagens que compreendem os meses de Janeiro, Fevereiro, Novembro e Dezembro (JAN 01-02, FEV 01-02, NOV 01-02 e DEZ 01-02), condizente com a estação do verão na região e em contrapartida, as imagens que apresentam maiores índices encontram-se no período da quadra chuvosa da região, nos meses de Julho e Agosto (JUL 01-02 e AGO 01-02).

Nas imagens da Figura 02, o ICV que é um índice sensível à umidade, apresentou valores muito baixos em quase toda região na imagem de 17/01/2012 (JAN 02) e mal distribuído nas outras sete primeiras imagens. Foi notada a heterogeneidade do índice, atribuída aos diferentes potenciais ecológicos e disponibilidade de água no solo entre municípios vizinhos, no exemplo de Santana do Ipanema, que apresentou índices bem maiores que Senador Rui Palmeira. Maiores índices e mais homogêneos encontram-se principalmente nas imagens do período de julho a agosto, período da quadra chuvosa na região. Belo Monte, Santana do Ipanema e Pão de Açúcar apresentaram valores de ICV bons nesses meses. Nas últimas imagens do ano (NOV 01-02 e DEZ 01-02), foram notados índices mais homogêneos e também muito baixos, principalmente no período entre outubro e

dezembro (OUT 02, NOV 01-02 e Dez 01-02). Pode-se também concluir que, Ouro Branco foi a Cidade que apresentou os índices mais baixos dentre todo o Sertão Alagoano. Cidades como Belo Monte, Santana do Ipanema e Pão de Açúcar tiveram os índices maiores durante o ano de 2012.

3.2 Agreste alagoano

Os resultados do $IVDN_{min}$ e do $IVDN_{max}$ calculados não foram muito distantes dos valores encontrados para o Sertão e foram respectivamente 0.1168273 e 0.9025589. Portanto o ICV não pode ser maior que 77.07889. Então, a maior classe do ICV que se pode considerar no Agreste Alagoano também é a de um índice “Bom”. Os Resultados foram expostos na Figura 03:

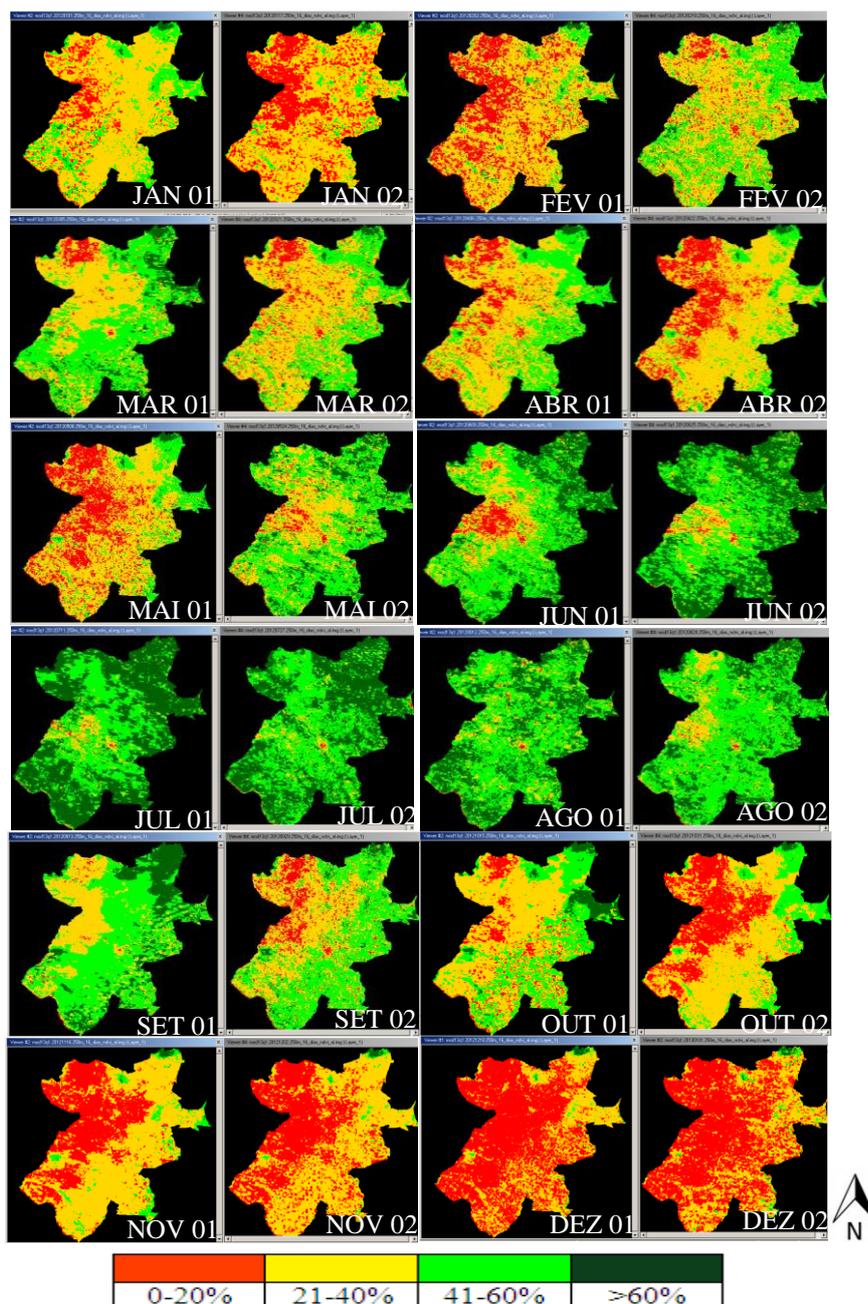


Figura 02: Valores de ICV Para o Agreste Alagoano, 2012.

Segundo a Figura 04, assim como os resultados sobre o Sertão Alagoano, os períodos de menores índices encontram-se no início e no final do ano (JAN 01-02, FEV 01-02, NOV 01-02 e

DEZ 01-02) assim como as imagens que apresentam maiores índices encontram-se no período da quadra chuvosa da região, meses como Julho e Agosto.

Foi notado também que em alguns estados como Minador do Negrão, que apesar da predominância dos índices ter sido baixa, uma tonalidade de verde claro ou escuro (valores acima de 40%) persiste ao longo do ano; características da presença de vegetação caatinga e resquícios da mata atlântica.

Considerando a intensidade do ICV para cada Município nas imagens da Figura 03, o ICV nos quatro primeiros meses (e principalmente, nas três primeiras imagens) apresentou uma tonalidade predominante amarela, que indica valores entre 20 e 40% considerados baixos para a região. No período compreendido na quadra chuvosa da região foi evidenciada uma resposta do índice com uma predominância maior que 40%, considerado bom para a região. Maribondo por exemplo, expressa os melhores índices no período entre Julho e Agosto. Nas últimas imagens da Figura 03 enquadram-se os índices mais baixos característicos do final do ano de 2012, assim como ocorreu no Sertão; no entanto os índices apresentaram uma heterogeneidade maior, característica da “área de transição” do Agreste Alagoano. Foi observado que no Agreste os índices foram maiores se comparados com o Sertão e que Minador do Negrão apresentou os índices mais baixos.

3.3 Dados das estações

Os dados obtidos do BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos Para Ensino e Pesquisa) disponíveis na página: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>, exibem uma irregular e má distribuição da precipitação no Agreste e Sertão Alagoano durante o ano de 2012. É possível fazer uma comparação com os registros pluviométricos e os índices respectivos nas Cidades de Água Branca (Latitude: -9.28°; Longitude: -37.9°) e Pão de Açúcar (Latitude: -9.75°; Longitude: -37.43°), situadas no Sertão, e Palmeira dos Índios (Latitude: -9.45°; Longitude: -36.7°), cidade que cedia a única estação meteorológica disponível no Agreste Alagoano, segundo a Tabela 04.

Tabela 04. Precipitação mensal (mm) em Água Branca e Pão de Açúcar

Data	Água Branca	Pão de Açúcar	Palmeira dos Índios
	Precipitação Total (mm)		
31/1/2012	0.7	0	7
31/2/2012		48.1	91
31/3/2012	9.8	3.6	3.9
30/4/2012	6.7	2.1	22.8
31/5/2012	49.6	38.5	62.9
30/6/2012	57.3	41	58.8
31/7/2012	167.8	71	98.6
31/8/2012	112.5	0	100.7
30/9/2012	29.3	21	13.7
31/10/2012	17.9	6.4	33
30/11/2012	9.2	0	0.6
31/12/2012	0.4	0	4.6

Fonte: BDMEP, 2014.

Infelizmente os dados correspondentes ao mês de fevereiro não estão disponíveis nos arquivos do BDMEP para o Município de Água Branca. De acordo com os dados de precipitação, os meses de maior acúmulo de chuvas coincidiram com os maiores Índices nas duas Cidades do Sertão (julho e agosto para Água Branca; junho e julho para Pão de Açúcar). Bem como é notável também que novembro e dezembro (meses de baixos Índices da Condição da Vegetação), foram meses com baixos registros de precipitação.

Mesmo apresentando alguns baixos registros de precipitação, Palmeira dos Índios não foi uma das cidades que mais sofreu no período de seca de 2012, apresentando valores crescentes de precipitação até agosto, onde as imagens estimadas indicam uma boa resposta para a região, e decrescentes de agosto ao final do ano. As cinco últimas imagens (representantes do final do mês de outubro e mês de novembro, Figura 04) refletem o período mais seco de Palmeira dos Índios, com índices menores que 40%, concordando com os dados pluviométricos. Quanto às Imagens relevantes ao mês de Dezembro, os índices indicam um período muito seco (abaixo de 20%).

4. Conclusões

O ICV demonstrou ser um bom meio para análise da seca no Agreste e Sertão Alagoano, comportando-se de forma satisfatória quanto ao aumento ou diminuição da precipitação nas cidades onde foi possível verificar as medidas da mesma.

Índices nas classes: muito baixo e baixo foram encontrados principalmente no início e no final do ano em todas as cidades do sertão e maioria do Agreste, com um destaque para Canapi, Major Isidoro e Ouro Branco no Sertão e Cacimbinhas, Craíbas e Minador do Negrão no Agreste, com índices que indicam situação mais crítica.

Os índices com predominância abaixo de 20% para todas as cidades do Sertão e maioria das cidades do Agreste no final de 2012 implicam que no início do ano de 2013, as condições da vegetação ainda se encontravam em situação problemática.

Diante do exposto, não é de se surpreender que o ano de 2012 foi um dos anos mais secos dos últimos tempos. Os índices da Condição da Vegetação calculados do produto MOD13Q1, bem como os dados de precipitação, deixaram essa afirmação bastante clara. Um interesse maior por parte dos governantes na mitigação do problema da seca na região deve ser imediato, uma vez que o estresse hídrico na vegetação prejudica a agricultura e pecuária que são a base que movimenta a economia da região (em alguns casos, cultivos de subsistência).

Para futuros trabalhos, é interessante que seja feito: uma análise de uma área maior do Nordeste Brasileiro, considerando que a seca de 2012 atingiu Estados inteiros; uma aquisição maior de imagens para o estabelecimento de índices cada vez mais precisos e a automatização do computo das imagens com a informação do ICV, para análises mais rápidas.

5. Referências Bibliográficas

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.

BASTIAASEEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). *Formulation Journal of Hydrology*, v. 212-213, p. 198-212. 1998.

ASRAR, G., FUCHS M., KANEMASU, E. T., HATFIELD, J. L., 1984, “Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat”, *Agronomy Journal*, v. 76, pp. 300–306.

AZEVEDO, C. D. S. Análise preliminar da estimativa da precipitação para os Estados de Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, através do sensor SEVIRI/MSG-2. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Alagoas. Orientador: Frederico Tejo Di Pace.

COVELE, P. A. (2011). Aplicação de índices das condições de vegetação no monitoramento em tempo quase real da seca em Moçambique usando NOAA_AVHRR-NDVI. *GEOSP: espaço e tempo*, (29 África), 85-95.

DA COSTA, N. F. S., DI PACE F. T., CABRAL, S. L. (2009). Análise Preliminar do Saldo de Radiação na Microrregião Leste do Estado de Alagoas Com Imagem TM Landsat 5. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30, INPE, p. 129-136.

- DI PACE, F. T. Estimativa do Balanço de Radiação à Superfície Terrestre Utilizando Imagens TM-Landsat 5 e Modelo de Elevação Digital. *Campina Grande*, 120, (2004).
- DI PACE, F. T.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R.; SILVA, S. T. A. Mapeamento do Saldo de Radiação à Superfície com Imagens TM-Landsat 5 e Modelo de Elevação Digital. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, p. 385-392, 2008.
- DOS SANTOS, F. B., Estimativa do Balanço de Energia utilizando imagens do Sensor TM-Landsat 5 no Baixo São Francisco. 2012. Dissertação. Universidade Federal de Alagoas. Orientador: Frederico Tejo Di Pace.
- ESQUERDO, J. C. D. M.; ANTUNES, J. F. G.; ANDRADE, J.C. de. Desenvolvimento do banco de produtos MODIS na base estadual brasileira. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, p. 7596-7602, 2011.
- IDEIÃO, S. M. A., CUNHA, J. E. B. L., RUFINO, I. A. A., & DA SILVA, B. B. (2008) Geotecnologias na Determinação da Temperatura De Superfície e Espacialização da Pluviometria no Estado da Paraíba. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste.
- KOGAN, F.N., 1995a, "Applications of vegetation index and brightness temperature for drought detection", **Advances Space Research**, v. 15, n. 11, pp. 91-100.
- KOGAN, F.N., 1995b, "Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar orbiting satellite data". **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 76, pp. 655-668.
- KOGAN, F.N., 1997, "Global drought watch from space", **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, pp. 621-636.
- KOGAN, F.N., ZHU, X., 2001, "Evolution of long-term errors in NDVI time series: 1985 1999", **Advances Space Research**, v. 28, n. 1, pp. 149-153.
- LIU, W. T. H. Aplicações de Sensoriamento remoto. Vol. I e II. UCDB. Campo Grande-MS. 2003.
- MATOS, R. C. D. M., CANDEIAS, A. L. B., & JUNIOR, J. R. T. (2013). Mapeamento da Vegetação, Temperatura e Albedo da Bacia Hidrográfica do Pajeú com Imagens Modis. *Revista Brasileira de Cartografia*, (64/5).
- NOVAS, M. F. B., Mapeamento das Estimativas do Saldo de Radiação e Índices de Vegetação em Área do Estado de Alagoas com Base em Sensores Remotos. 2008. Dissertação. Universidade Federal de Alagoas. Orientador: Frederico Tejo Di Pace.
- Sá, I. I. S., Galvêncio, J. D., Beserra, M. S., & Sá, I. B. (2008). Uso do índice de vegetação da diferença normalizada (IVDN) para Caracterização da Cobertura Vegetal da Região do Araripe Pernambucano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 1(1), 28-38.
- SANTIAGO, D. B., DI PACE F. T., AZEVEDO, C. D. S., FERREIRA, T. R., DE MELO, J. A. A. (2013). Análise Preliminar do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada nos Anos de 195 e 204, Para Microrregião do Baixo São Francisco, Utilizando o Sensor TM do Landsat 5 e o Algoritmo Sebal. I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro Campina Grande – PB.
- SINGH, R. P., ROY, S., KOGAN, F., 2003, "Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India", **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 22, pp. 4393-4402.
- STÖCKLI, R., VIDALE, P. L., 2004, "European plant phenology and climate as seen in a 20-year AVHRR land-surface parameter dataset", **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 17, pp. 3303-3330.
- STÖCKLI, R. C., 2005b, "Estimating NDVI and IAF with simple radiometric and photographic methods: A remote sensing tutorial for teachers and students". Disponível em: <<http://www.iac.ethz.ch/people/stockli>>. Acesso em: 15 de maio 2013.