

Avaliação do comportamento do IVDN utilizando dados SPOT VEGETATION em quatro municípios do Estado de Alagoas

Diego Raoni da Silva Rocha¹
Thais Carraro Di Gregorio¹
Humberto Alves Barbosa¹

¹ Universidade de Federal – UFAL/ICAT
Campus A. C. Simões, BR 104 Norte Km 97 – 57072-970 – Maceió – AL, Brasil
{diegorocha, thais.digregorio, barbosa33}@gmail.com

Abstract. The NDVI is one of the most used methods to analyze the vegetative behavior in large areas, so this study proposed to analyze the behavior of the medium NDVI from the product S-10 derivative of the sensor Vegetation – 2 onboard the satellite SPOT – 5 in relation to rainfall in the districts of Arapiraca, Maceió, Piranhas e Porto de Pedras, using data from meteorological stations to the year of 2009. The behavior of the NDVI was observed during that year dissociating the districts of the west region inserted in the savanna biome, where the rainfall occurs less frequently and higher seasonality, different from the districts of the east region inserted in the rainforest biome which also has seasonal rain, but in larger amount during the year. The results presented, by the correlation method of (Karl) Pearson, a very strong positive interconnection between the averages of the NDVI and rainfall, lagged by one month to three of the four cities studied, with $r = 0,767$ (Arapiraca), $r = 0,779$ (Maceió) e $r = 0,818$ (Piranhas), and the district of Porto de Pedras with the highest correlation with the lag for two months ($r = 0,890$), however lagged by one month, the correlation was found strong in this city, valued $r = 0,733$.

Palavras-chave: NDVI, correlation method (Karl) Pearson, rainfall, IVDN, correlação de (Karl) Pearson, precipitação.

1. Introdução

O Estado de Alagoas está situado entre as latitudes $-8^{\circ}48'43''$ a $-10^{\circ}29'58''$ e longitudes $-38^{\circ}14'14''$ a $-35^{\circ}09'08''$. A sua metade oriental caracteriza-se por um clima quente com temperaturas médias anuais superiores a 24°C e com chuvas de outono-inverno acima de 1400mm. O interior do Estado tem predomínio do clima semi-árido, com pluviosidade abaixo de 1000mm, estando incluído no Polígono das Secas. As estações do ano são definidas pela periodicidade das chuvas: o “verão” tem início em setembro e término em fevereiro, e o período de chuvas caracterizado como “inverno” inicia-se em meados de março findando em agosto.

A cobertura vegetal do Estado divide-se, de forma geral, em Caatinga, Mata Atlântica, vegetação de praias, matas ribeirinhas e vegetação de mangues. O Bioma Caatinga abrange a porção mais semi-árida, ocupando aproximadamente 48% de seu território, e se destaca pela presença de caatinga arbustiva, densa ou aberta, que perde sua folhagem no período de estiagem, tornando a florescer no período chuvoso (IBGE, 1985).

Atualmente um dos métodos mais utilizados para analisar o comportamento vegetativo em grandes áreas é o IVDN ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Este é um índice adimensional indicativo da densidade, saúde e estado da vegetação, sendo calculado através das bandas do visível (VIS), no comprimento de onda na região do vermelho, e o infravermelho próximo (IVP).

Existem ainda diversos sensores em órbita capazes de imagear especificamente a vegetação. É o caso do SPOT VEGETATION (VGT), lançado em 1998. Apesar de possuir faixa de resolução comparável ao AVHRR/NOAA, ele possui bandas espectrais concebidas especificamente para o monitoramento de vegetação em grandes áreas, atuando nas faixas dos

comprimentos de onda: 0,43-0,47 μ m (azul), 0,61-0,69 μ m (vermelho), 0,78-0,89 μ m (IVP) e 1,58-1,68 μ m (IVP), conforme manual VGT4Africa (2006).

Lançado em maio de 2002 e atualmente em operação, o SPOT 5 está orbitando a Terra a uma altitude de 830 km e com período de revisita de 26 dias. Possui três instrumentos sensores: HRG, HRS e Vegetation-2, este último permite uma faixa imageada de 2200Km com 1Km de resolução espacial e 24 horas de resolução temporal. Porém, como o resultado dos dados de vegetação são de uma síntese de 10 dias, o fator de cobertura de nuvens torna-se favoravelmente reduzida.

Este estudo propôs analisar o comportamento do IVDN médio em relação à precipitação nos municípios de Piranhas, Arapiraca, Porto de Pedras e Maceió através de dados de estações meteorológicas e do produto S-10 de IVDN do sensor Vegetation-2 a bordo do satélite SPOT – 5, para o ano de 2009.

2.2 Metodologia

2.1 Área de Estudo

A pesquisa buscou abranger as diferentes regiões ambientais do Estado de Alagoas. A localização geográfica dos municípios escolhidos é apresentada na Figura 1.

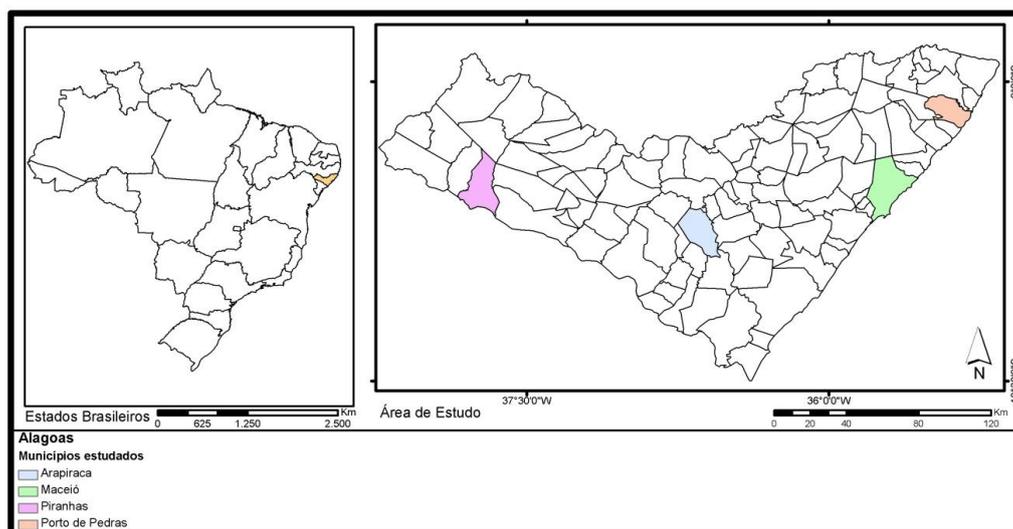


Figura 1 - Localização da área de estudo

2.2 Produto IVDN: Sistema SPOT Vegetation

Os dados de IVDN utilizados no trabalho são produtos derivados de uma síntese de 10 dias de imagens do Spot Vegetation, o chamado VGT-S10. Isso significa que ele combina dados diários com correção atmosférica de todos os segmentos de vegetação (medições) decendiais determinando em uma única imagem usando o algoritmo Maximum Value Composite (MVC), que seleciona os pixels com os melhores valores de reflectância do solo. Este produto é composto com resolução radiométrica de 8 bits em que os valores digitais originais estão na escala de níveis de cinza, variando de 0 a 255, e resolução espacial de 1km. Para realizar a conversão para a escala de valores IVDN do Spot Vegetation, que varia entre -1 e +1, foi utilizada a seguinte expressão, conforme indicado pelo VEGETATION programme, disponibilizado em: < <http://www.vgt.vito.be/> >:

$$IVDN = 0,004 * imagem - 0,1 \quad (1)$$

Para cada dado de IVDN é acompanhado um produto denominado *Status Map* (SM), que deve ser usado para filtrar os dados de IVDN que estejam com os valores comprometidos.

Esta correção se dá por uma análise byte a byte no produto SM, que, por sua vez, gera uma máscara que deve ser aplicada ao mapa processado de IVDN a fim de se obter um produto final com as devidas correções necessárias relativas a nuvens, sombras, gelo e neve.

A vegetação saudável absorve a maior parte da luz incidente no comprimento de onda compreendido pela radiação do visível (emitida pelo Sol) e reflete uma grande parte da luz infravermelha. Porém, a não-saudável reflete mais a radiação do visível que a radiação compreendida na faixa do infravermelho próximo. Esta diferença de reflectância nos diferentes comprimentos de onda permite, através de instrumentos de sensoriamento remoto, a detecção do estado da vegetação, mensurando a presença relativa (ou ausência) desta vegetação, simplesmente medindo e comparando suas reflectâncias.

Este cálculo é feito seguindo à Equação 2:

$$IVDN = \frac{(IVP - VIS)}{(IVP * VIS)} \quad (2)$$

onde: *IVP* é a reflectância do infravermelho próximo

VIS é a reflectância visível na região do vermelho.

Normalmente os valores de IVDN oscilam em um intervalo de -1,0 e +1,0, embora, segundo o manual do usuário VGT4AFRICA (2006), na prática, uma vez devidamente decodificado, os valores físicos de IVDN do sensor Vegetation-2 a bordo do SPOT-5 estão entre -0,1 e 0,92, onde os valores mais altos indicam mais densa e mais saudável (maior densidade verde) vegetação. Valores de IVDN abaixo de 0,1, por exemplo, geralmente correspondem a áreas com pouca ou nenhuma vegetação (pedras, deserto, gelo). Valores moderados oscilam em torno de 0,2 e 0,3 e correspondem aos arbustos e pastagens; já valores mais altos, acima de 0,5, normalmente correspondem à densa vegetação, como florestas tropicais e áreas de agricultura.

2.3 Software ILWIS para processamento de dados e obtenção do IVDN médio.

Selecionou-se o ano de 2009 para realizar a análise do comportamento do IVDN em relação à precipitação. Para o processamento dos dados decendiais VGT-S10, utilizou-se o software Ilwis versão 3.7.1, com a extensão GEONETCast toolbox instalada.

Criou-se um algoritmo que se utiliza das sub-rotinas já existentes no referido software para dinamizar parte do processamento dos dados que seguem nas seguintes etapas:

1° Importação dos dados brutos de IVDN e IDVN_SM do formato “HDF4” para o formato “.mpar” nativo do Ilwis através da biblioteca Gdal.

2° Aplicação da equação (1) no produto IVDN para converter os valores de níveis de cinza 0 a 255 para valores de IVDN, através da função *MapCalculator*.

3° Processamento do produto IVDN_SM a fim de gerar o filtro de nuvens e sombras.

4° Cruzamento entre os produtos IVDN e IVDN_SM, que resulta num produto final consistente sem risco de contaminação dos dados.

Após este processo, foi criada uma série temporal (*Maplist*) que contém as 36 imagens correspondentes aos decêndios do ano de 2009. Em seguida, foi gerado um recorte para área de estudo (*Submap*) referente à cobertura do Estado de Alagoas.

Através da malha municipal vetorizada, obtida no sítio do IBGE (2010), foram calculados os valores médios de IVDN para os quatro municípios estudados, considerando-se os valores de IVDN em todos os pixels existentes na área de cada município conforme a malha municipal e dividido pela quantidade de pixels em cada município. Esse procedimento foi realizado para todas as imagens de IVDN a fim de se observar seu comportamento ao longo do ano na área de cada cidade de forma integrada.

2.4 Dados de precipitação

A partir dos dados de precipitação diários provenientes das estações meteorológicas situadas nos municípios de Piranhas (-9.5500°; -37.7667°), Arapiraca (-9.8041°; -36.6189°), Porto de Pedras (-9.1800°; -35.4300°) e Maceió (-9.6700°; -35.7000°), os valores de precipitação foram obtidos através da soma dos decêndios correspondentes às imagens VGT-S10. Os dados de precipitação foram gentilmente cedidos pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH).

2.5 Análise Estatística

A partir dos dados médios decendiais de IVDN e dos valores de precipitação acumulada referentes ao mesmo período, foi aplicada a correlação de Karl Pearson (Equação 3) a fim de relacionar a influência da precipitação no IVDN.

$$r = \frac{N\Sigma xy - (\Sigma y)(\Sigma x)}{\sqrt{[N\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][N\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}} \quad (3)$$

Sendo: $x \rightarrow$ valores de IVDN

$y \rightarrow$ valores de precipitação acumulado referente ao período

$N \rightarrow$ número de variáveis

3. RESULTADOS DE DISCUSSÃO

Após o processamento das imagens do IVDN, foram extraídos os valores médios nos municípios estudados, considerando o valor de cada pixel pelo número de pixels que integra cada área. Foram confeccionados mapas, Figuras 2 e 3, apresentando a variação espacial dos valores do IVDN para os períodos em que o índice atinge seus picos máximos e mínimos para a maioria das cidades, que correspondem aos meses de dezembro e junho, respectivamente.

Nas imagens, os valores iguais a zero podem corresponder aos pixels que foram filtrados pelo produto IVDN_SM, eliminando valores contaminados pela presença de nuvens ou mesmo má qualidade da resposta do pixel. Em Maceió, na região litorânea ao sul, esses valores correspondem a Lagoa Mundaú.

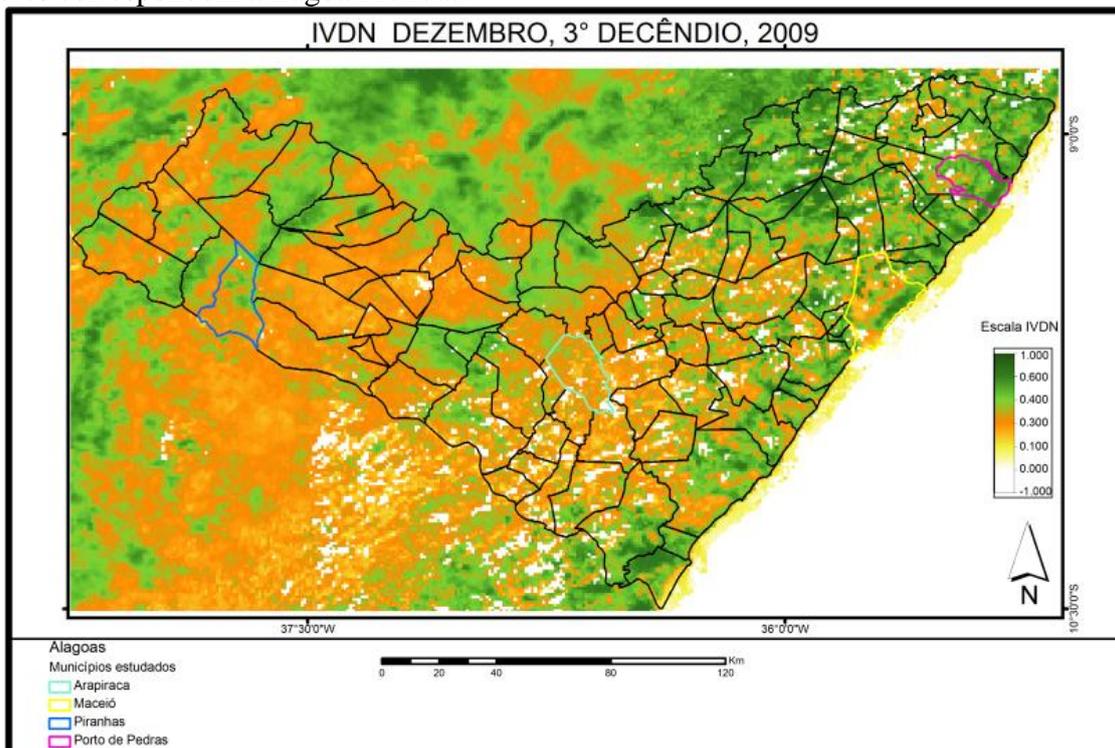


Figura: 2 Mapa com os valores mínimos de IVDN para os municípios estudados

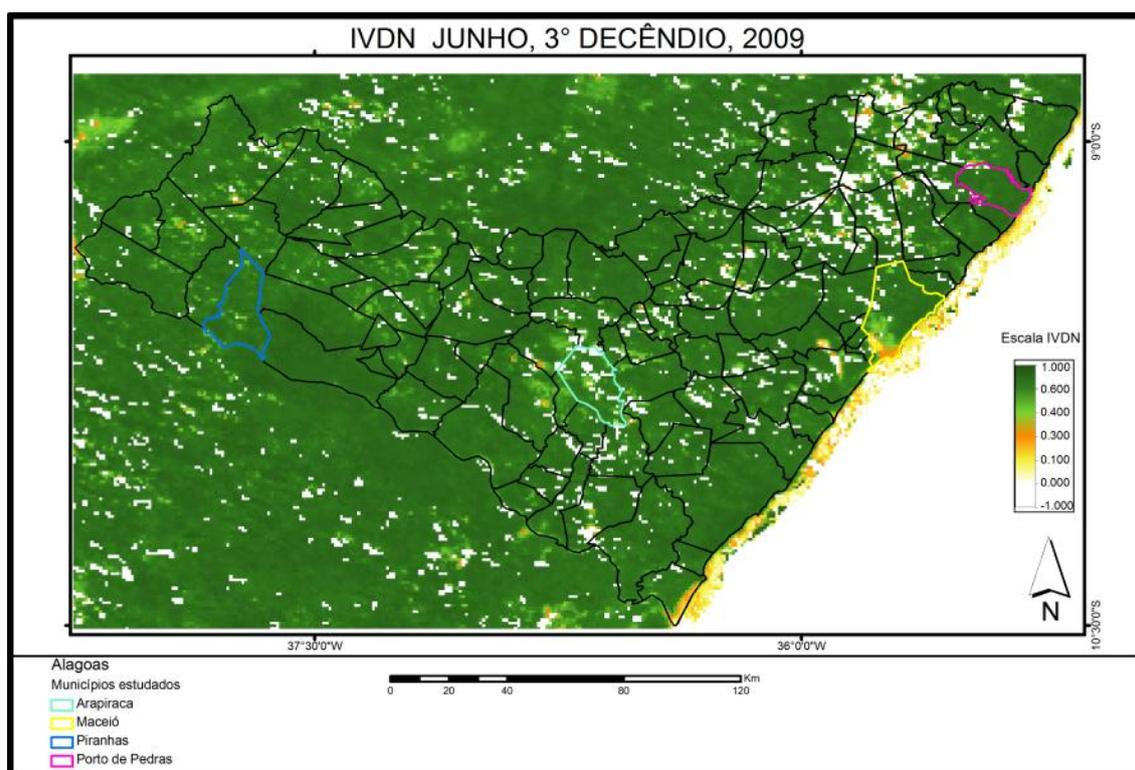


Figura: 3 Mapa com os valores máximos de IVDN para os municípios

Utilizando a correlação de (Karl) Pearson, entre os dados observados de precipitações das estações meteorológicas e dados de IVDN obtidos a partir do sensor *Vegetation-2*, verificou-se que para os municípios de Arapiraca, Maceió e Piranhas, houve maior fator de correlação para a defasagem de um mês com $r = 0,767$, $r = 0,779$ e $r = 0,818$, respectivamente. Enquanto isso, para o município de Porto de Pedras, esta correlação se mostrou maior, com defasagem na resposta da vegetação de dois meses, $r = 0,890$, porém tendo alta correlação, acima de 70%, também para um mês, com $r = 0,733$, como observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Correlação de Karl Pearson para dados observados de Precipitação e IVDN decendial

Cidades	IVDN x Estação Meteorológica			
	Tempo de Resposta (meses)			
	0	1	2	3
Arapiraca	0,489	0,767	0,643	0,363
Maceió	0,699	0,779	0,506	0,021
Piranhas	0,411	0,818	0,692	0,321
Porto de Pedras	0,412	0,733	0,890	0,499

Trabalhos semelhantes realizados por Gonçalves (2008) relataram que os valores de precipitação e IVDN responderam de forma semelhante, quando houve aumento da precipitação e também ocorreu o aumento do IVDN. Segundo Campos et al.(2009), Lucas e Schuler (2007) e Wang et al. (2003), o comportamento do IVDN está fortemente influenciado pela precipitação, bem como o tempo da defasagem entre a precipitação e o IVDN.

Ávila *et al.*(2009) observou uma defasagem de dois meses entre a resposta do IVDN e a precipitação, detectando ainda que neste processo outras variáveis além da precipitação devem estar envolvidas para determinar o comportamento do IVDN.

No estudo de Liu e Kogan (1996), foi encontrada uma defasagem temporal de um mês na resposta de IVDN entre a ocorrência de precipitação e no déficit hídrico. Relatam também que diferentes tipos de vegetação e de solo podem interferir nesta resposta temporal, além do regime de precipitação, pois são fatores que variam de região para região.

É importante ressaltar que os dados de precipitação são valores pontuais de estações meteorológicas e os valores de IVDN são médias relativas às áreas de cada município selecionado. No entanto, foi constatada uma correlação positiva muito forte. Esse resultado indica que é possível monitorar o comportamento vegetativo nessas regiões a partir da sazonalidade do período de chuvas. Ficou evidenciado também que diferenças nos valores médios de IVDN nos municípios se devem a fatores como a contribuição negativa da área das cidades, as diferentes características ambientais, que apresentaram significativa diferença entre os valores máximos de IVDN obtidos entre os municípios de Piranhas com 0.662 e Porto de Pedras 0.726. Isso pode ser explicado pelas diferentes regiões ambientais de características vegetativas em Piranhas, a caatinga, e em Porto de Pedras, a mata atlântica com áreas de plantações de cana.

Ao mesmo tempo, observaram-se valores muito baixos de IVDN nos municípios de Arapiraca, Piranhas e Porto de Pedras para o último decêndio de fevereiro, conforme figura 3. Isso se deve ao grande número de pixels que foram filtrados na imagem por conter contaminação de nuvens, o que resultou na relação entre o pouco número de pixels por baixos valores de IVDN neles contidos. Devido a esse problema, não foi possível determinar se o último decêndio do mês de fevereiro obteve os valores mais baixos de IVDN no ano, ficando o mês de dezembro com os menores valores.

O comportamento do IVDN mostrou-se sensível à precipitação dentro da defasagem aproximada de um mês. Esta relação pode ser observada nos gráficos a seguir, nos quais os acumulados decadais de precipitação estão relacionados ao valor médio de IVDN no período correspondente (Figura 4).

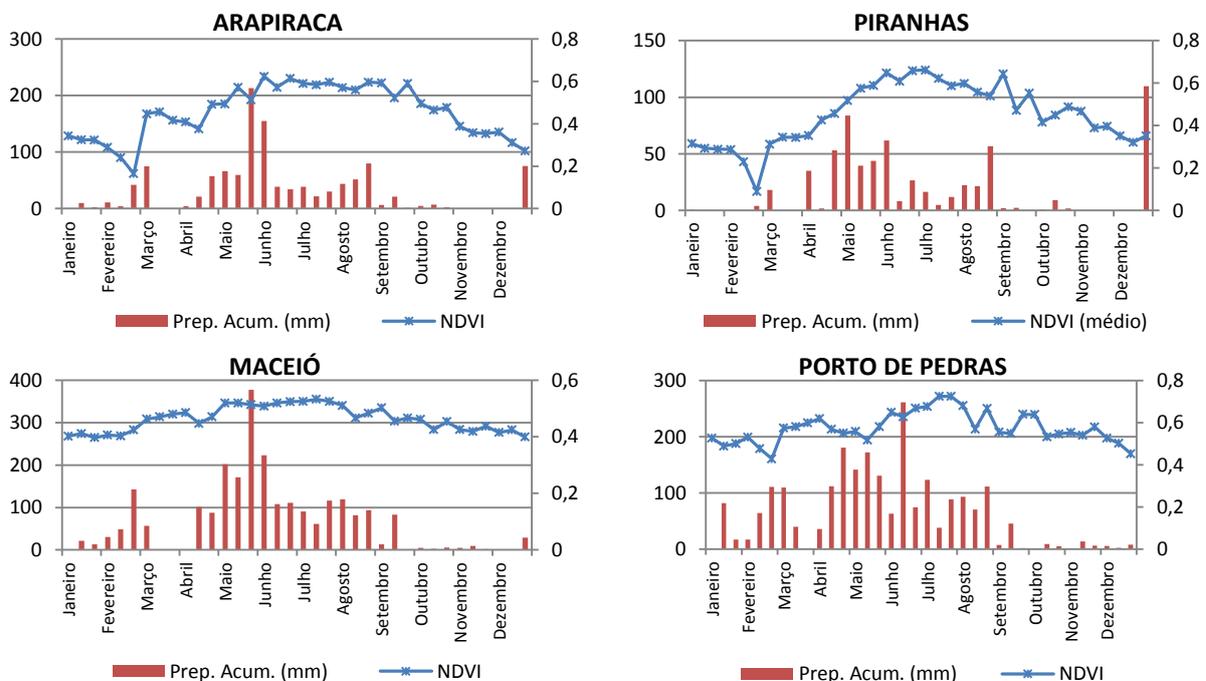


Figura 4 - Relação entre as taxas de precipitação e IVDN para os quatro municípios selecionados.

4. Conclusão

Os dados médios de IVDN e de precipitação para os municípios estudados apresentaram correlação positiva muito forte.

A correlação entre precipitação e IVDN apresentaram defasagem de um mês para três dos quatro municípios estudados.

Os municípios da região oeste inseridos no bioma caatinga apresentaram comportamento do IVDN definido pela sazonalidade das chuvas, diferente dos municípios da área leste inserido no bioma mata atlântica que tem o regime chuvoso com totais de precipitação mais elevados e com maior frequência, o que manteve o IVDN mais elevado durante todo o ano.

Agradecimentos

Agradecemos ao programa de pós-graduação em meteorologia da Universidade Federal de Alagoas, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pela concessão da bolsa de mestrado. E à Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH) pela concessão dos dados de precipitação.

Referências Bibliográficas

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. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.16.20/doc/553-560.pdf>> . Acesso em: 10 nov. 2010.

Campos, I.B.P.; Paiva, C.M.; Oliveira, L.M.T.; França, G.B. Análise dos efeitos do déficit hídrico na resposta temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em diferentes condições climáticas do Estado do Rio de Janeiro. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 14., 2009, Natal. **Anais...**, São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos:, p. 4671-4677. On-line. ISBN:978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.01.18/doc/4671-4677.pdf>> . Acesso em: 10 nov. 2010.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 1985. **Atlas Nacional do Brasil (Região Nordeste)** Rio de Janeiro, 1985. (sem paginação)

Gonçalves, R. R. V. **Relação entre a resposta espectral da cana-de-açúcar, registrada nas imagens dos satélites AVHRR/NOAA, em São Paulo, e dados agroclimáticos, no período de 2001 a 2008**. 2008. 185p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Malhas Municipais 2007 - Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais> Acesso em: 01 set 2010.

Liu, W. T. Kogan, F. N. Monitoring regional drought using Vegetation Condition Index. **International Journal of Remote Sensing**, **17**, 2761-2782, 1996.

Lucas, A. A.; Schuler, C. A. B. Análise do NDVI/NOAA em cana-de-açúcar e Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.11, n.6, p.607-614, 2007.

Vegetation Programme. Disponível em: <<http://www.vgt.vito.be/>>. Acesso em: 10 set. 2010.

VGT4Africa, User Manual – First edition. 2006. Disponível em: <http://www.vgt4africa.org/PublicDocuments/VGT4AFRICA_user_manual.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2010.

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.