

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO ESTIMADOS POR SENSORIAMENTO REMOTO EM DOIS PERÍODOS AO SUL DA BACIA DO RIO TRAIPU-AL

MARIA FÁTIMA BETTINI NOVAS
PATRÍCIA PORTA NOVA DA CRUZ
ROMILSON SILVA
FREDERICO TEJO DI PACE

Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Instituto de Ciências Atmosféricas – ICAT
Pós-graduação em Meteorologia
fanovas@cefet-al.br
p_portanova@yahoo.com.br
romilsons@gmail.com
fredericodipace@gmail.com

RESUMO: O objetivo deste estudo foi analisar a variação dos índices de vegetação na região sul da Bacia do Rio Traipu - AL, entre 17/10/1999 e 07/12/2006. Os índices de vegetação foram estimados através de cálculos usando as etapas do Algoritmo do Balanço de Energia da Superfície do Solo – SEBAL, mediante dados de imagens do TM-Landsat 5. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI obteve valores médios de 0,55 e 0,40 para 1999 e 2006, respectivamente e valores máximos de 0,81 para ambos os anos. O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo - SAVI obteve valores médios de 0,29 e 0,21 para 1999 e 2006, respectivamente e de máximo 0,56 para 1999 e de 0,47 para 2006. O Índice de Área Foliar – IAF obteve valores médios de 0,46 e 0,24 para 1999 e 2006, respectivamente e valores máximos de 1,69 para 1999 e 1,09 para 2006. Os resultados mostraram que ocorreu uma variação na cobertura vegetal da região em estudo e foi bem distribuída espacialmente na bacia, ou seja, houve uma diminuição da densidade e biomassa da cobertura vegetal. Esta variação de 323,7km² aproximadamente, na faixa de 85% da região.

PALAVRAS CHAVES: algoritmo SEBAL, NDVI, SAVI e IAF.

ABSTRACT: The present work has as main objective analyze the vegetation indices variation on the Southern River Traipu Basin - AL, from 10/17/1999 to 12/07/2006. The vegetation indices were estimated through the Algorithm of Surface Energy Balance Algorithm for Land - SEBAL, using data images from TM-Landsat 5. The Normalized Difference Vegetation Index - NDVI reached mean values of 0,55 and 0,40 in 1999 and 2006, respectively, and .maximum values of 0,81for both years. The Soil Adjusted Vegetation Index - SAVI reached mean values of 0.29 and 0.21in 1999 and 2006, respectively ,and .maximum values of 0,56 in 1999 and 0,47 in 2006. The Leaf Area Index - LAI reached mean values of 0,46 and 0.24 in 1999 and 2006, respectively ,and .maximum values of 1.69 in 1999 and 1.09 in 2006. The results evidenced a homogenous variation in the regional vegetal covering and especially in the basin. The vegetation indices showed a variation with density and biomass reduction of the vegetal covering. The 323,7km² of affected areas, represents 85% of the region.

KEYWORDS: algorithm SEBAL, NDVI, SAVI e LAI.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de dados espectrais, na estimativa de parâmetros estruturais da vegetação, constitui-se num dos mais importantes papéis do sensoriamento remoto dos ecossistemas naturais. Vários estudos têm sido desenvolvidos usando medidas espectrais com intuito de

estimar e avaliar a cobertura vegetal. Diversos índices de vegetação vêm sendo desenvolvidos para caracterizar o dossel da vegetação, correlacionando-os com vários de seus parâmetros, a maioria utilizando a reflectância ou radiância do dossel nas bandas do vermelho e do infravermelho na forma de razões (HUETE, 1988), gerando uma imagem índice de vegetação. De acordo

com Zhang et al.(1999), a biomassa do dossel pode ser estimada com a utilização de dados de índice de vegetação com precisão de 58 a 80%, dependendo da espécie.

O índice mais utilizado atualmente é o NDVI, que foi desenvolvido por ROUSE et al. (1974), pois reduz o efeito topográfico, e apresenta uma escala de variação linear entre -1 e 1 . O NDVI é indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde, variando conforme o tipo, densidade e umidade, sendo utilizado para estudos de caracterização e monitoramento da vegetação, dentre outras aplicações. Huete (1988) propôs uma modificação do NDVI com intuito de minimizar os efeitos da variabilidade do tipo e densidade da vegetação, criando assim o SAVI. O SAVI faz parte de um grupo de índices de vegetação que medem ou aproximam a distância entre o pixel e a linha do solo, para minimizar as influências do solo na caracterização do dossel.

A estrutura e distribuição de uma cobertura vegetal têm uma relação direta com as condições climáticas regionais. O IAF é um dos resultados destas condições, onde tem uma importância de influenciar nas trocas de massa e energia no sistema solo-planta-atmosfera (CARUZZO, 2003). Soares et al. (2001) em estudo para micro-bacia de Aracruz - ES mostraram que técnicas de Sensoriamento Remoto orbital podem ser usadas para estimar IAF na escala regional com razoável precisão. Entre todos os produtos estudados em Aracruz, os índices SAVI e FGV (Fração de Vegetação Verde) foram os melhores estimadores de IAF.

O objetivo deste estudo foi avaliar a variação de cobertura vegetal na região sul da bacia do rio Traipu, entre 17/10/1999 e 07/12/2006, usando os índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF estimados por dados de sensoriamento remoto. A região da bacia em estudo é formada por alguns rios importantes para a região do Médio São Francisco no sentido do abastecimento de água e atividades agrícolas de subsistência da região, concluindo a utilidade da avaliação da variação de cobertura vegetal. Observa-se também que sua economia era fundamentada essencialmente na orizicultura e na pesca e foi seriamente afetada, ao que parece, pelo impacto da barragem de Xingó, a montante do Município. Atualmente, a economia baseia-se na cultura de feijão, milho, mandioca e pecuária de corte, predominando a produção de subsistência (VENTURI, 2002).

2 METODOLOGIA

A região em estudo corresponde à parte sul da Bacia do Rio Traipu com um total de 386,06 km². Esta região é limitada ao norte pelos municípios de Traipu e Girau do Ponciano, a leste por São Brás e Olho d'Água Grande, ao oeste por Belo Monte e ao sul com o rio São Francisco. (Figura 1). Os rios Traipu, Cedro e parte do Rio São Francisco situam-se na região e oferecem água para o abastecimento dos municípios da região e para as atividades agrícolas e pesqueiras.

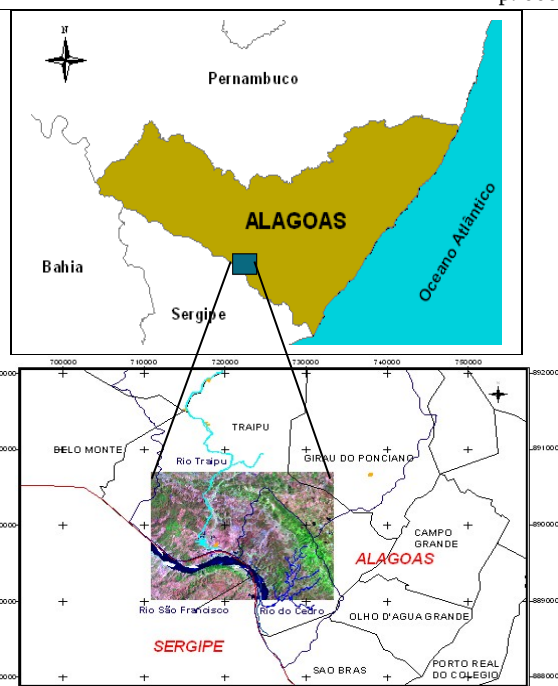


Figura 1 – Localização da área em estudo

As imagens utilizadas neste estudo correspondem a um segmento das cenas do satélite Landsat-5, sendo a passagem do satélite em 17/10/1999 e em 7/12/2006 da órbita/ponto 215/67 às 12h12min e às 12h30min (GMT) respectivamente (Figuras 2a e 2b).

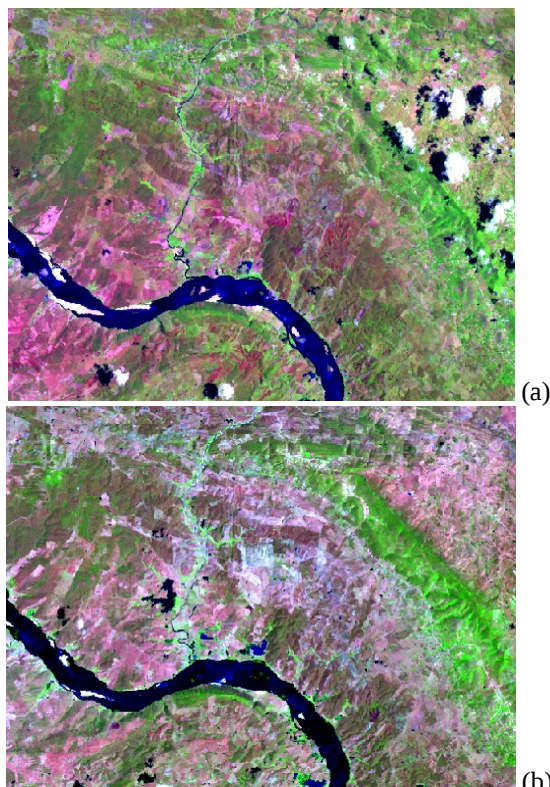


Figura 2 – Composições em RGB das bandas 5, 4 e 3 das imagens Landsat de 1999(a) e 2006(b).

O sensor TM do Landsat 5 mede a radiância espectral dos alvos, armazenando na forma de níveis de cinza, ou número digital (ND). Suas imagens são compostas de sete bandas espectrais e seus coeficientes de calibração (radiância mínima e máxima) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA) são baseados em Chander e Markhan, (2003). O cálculo dos índices de vegetação é baseado no algoritmo SEBAL (ALLEN et al., 2002) e elaborado nas seguintes etapas:

2.1 Calibração radiométrica

A efetivação da calibração radiométrica, em que o número digital (ND) de cada pixel é convertido em radiância espectral monocromática segundo a equação:

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

Onde: a e b são as radiâncias espectrais mínimas e máximas ($W m^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$).

2.2 Reflectância

O cálculo da reflectância monocromática de cada banda (ρ_{λ_i}), é definido, pela equação:

$$\rho_{\lambda_i} = (\pi L_{\lambda_i}) / (k_{\lambda_i} \cos Z \cdot E_0) \quad (2)$$

Onde: L_{λ_i} e k_{λ_i} = radiância espectral e irradiância solar espectral de cada banda no TOA, Z = ângulo zenital solar e E_0 = é o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol (em unidade astronômica-UA).

2.3 Índices de vegetação – NDVI, SAVI e IAF

O cálculo do NDVI foi obtido através da razão entre a diferença das refletividades do Infravermelho próximo (ρ_{IV}) e do Vermelho (ρ_V) pela soma das mesmas (ALLEN et al., 2002):

$$NDVI = \rho_{IV} - \rho_V / \rho_{IV} + \rho_V \quad (3)$$

Onde: ρ_{IV} e ρ_V são a reflectância na faixa do infravermelho próximo e a reflectância na faixa do visível vermelho. Para o cálculo do SAVI foi utilizada a expressão (HUETE, 1988):

$$SAVI = (1 + L) (\rho_{IV} - \rho_V) / (L + \rho_{IV} + \rho_V) \quad (4)$$

Onde: L = uma constante de ajuste, é do efeito do Sol e varia de 0,1 até 1,00. Segundo Huete (1988), o valor do coeficiente L escolhido deve ser menor quanto mais densa for à vegetação e nesse estudo foi assumido $L = 0,5$. Xavier (1998), em trabalho com áreas reflorestadas com eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento, observou que não houve diferença significativa entre os índices SAVI com diferentes valores de L (0,25; 0,5 e 0,75) na análise DAP (diâmetro do caule a 1,3 m de altura do solo), idade e altura, sendo que todas as três constantes

minimizaram as variações do solo para esse tipo de vegetação.

O IAF é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. O IAF é indicador da biomassa de cada pixel da imagem e o mesmo é calculado pela seguinte equação empírica obtida por ALLEN et al. (2002):

$$IAF = - (\ln (0,69 - SAVI / 0,59)) / 0,91 \quad (5)$$

Processou-se uma operação aritmética a partir das imagens dos dois períodos dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF com o objetivo de evidenciar as mudanças ocorridas na região durante o intervalo de tempo analisado. A operação utilizada foi à subtração entre a imagem NDVI de 1999 pela imagem NDVI de 2006 e mesmo processo para os índices SAVI e IAF. O resultado foram três novas imagens que foram classificadas e utilizadas para determinar e quantificar as mudanças em relação à cobertura vegetal na paisagem de 1999 a 2006.

3 RESULTADOS

A região em 1999 para o NDVI apresentou uma variação no intervalo [-0,20 - 0,81], com valores médios de 0,55 e em 2006 no intervalo [-0,69 - 0,81], com valores médios de 0,40. Com base nestas variações as imagens foram classificadas em 5 classes. Nesta classificação, os valores em verde escuro representam às áreas com vegetação densa ou com mata nativa ($NDVI > 0,60$), os valores em verde claro regiões com atividade agrícola ($0,40 < NDVI < 0,60$), os em amarelo representam regiões de solo exposto ou pouca vegetação ($0,20 < NDVI < 0,40$), os em vermelho representam regiões com valores baixos ($NDVI < 0,20$) e os em azul são os valores negativos denotando a presença de água (Figura 3a e 3b). Observa-se que para 1999 a maior parte da região tem uma cobertura vegetal com média densidade e para 2006 ocorreu um aumento considerável nas regiões de solo exposto ou pouca vegetação.

Giongo et al. (2007) em estudo usando o mesmo algoritmo em regiões de Pernambuco obteve valores de NDVI na faixa de [-0,61 - 0,79] para o mês de outubro de 1987. Em estudo na mesorregião leste de Alagoas com atividades agrícolas de cana de açúcar, milho, coco e mandioca e com áreas com vegetação densa, os valores do NDVI apresentaram uma variação no intervalo [0,29 - 0,85] (OLIVEIRA et al., 2007).

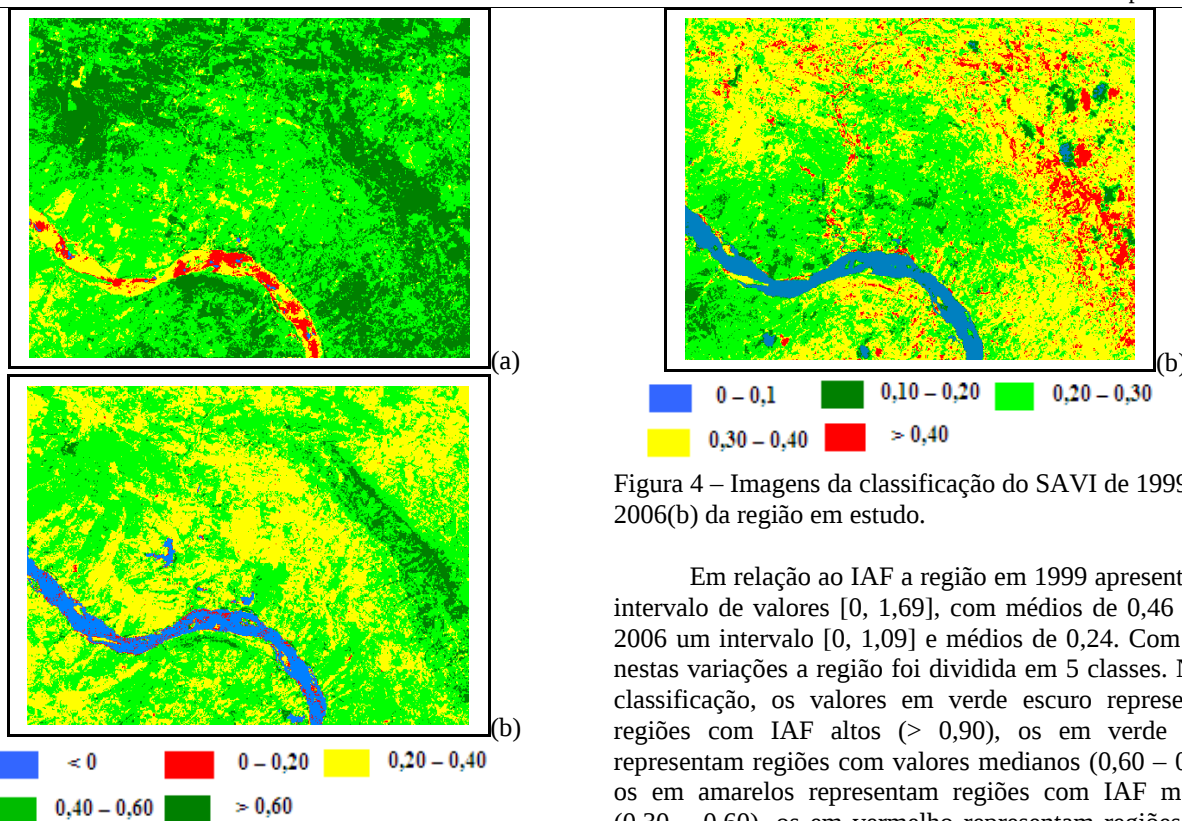


Figura 3 – Imagens da classificação do NDVI de 1999(a) e 2006(b) da região em estudo.

Em relação ao SAVI a região em 1999 apresentou um intervalo de valores [0, 0,56], com médios de 0,29 e em 2006 um intervalo [0, 0,47] e médios de 0,21. Com base nestas variações a região foi dividida em 5 classes. Nesta classificação, os valores em vermelho representam regiões com SAVI altos (> 0,40), os em amarelo representam regiões com SAVI médios (0,30-0,40), os em verde escuro representam regiões com SAVI medianos (0,20-0,30) e os em verde claro as regiões com SAVI baixos (< 0,20) (Figura 4a e 4b). Valores baixos de SAVI demonstram áreas com elevados valores de área basal, biomassa e volume, segundo estudo de Maciel et al. (2003) e afirmam que esta diferenciação apresenta-se decorrente, principalmente, da maior ou menor proporção de sombra ocasionada pela estrutura do dossel.

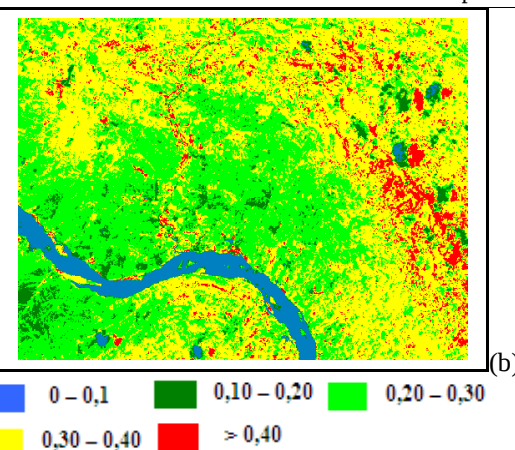
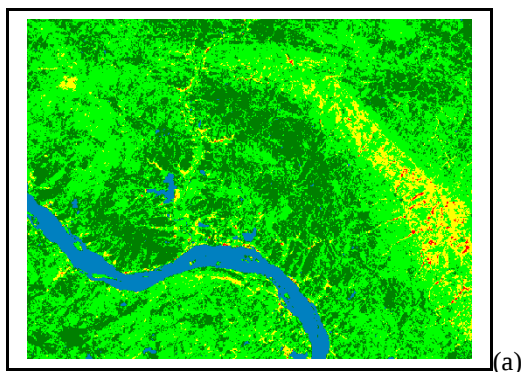


Figura 4 – Imagens da classificação do SAVI de 1999(a) e 2006(b) da região em estudo.

Em relação ao IAF a região em 1999 apresenta um intervalo de valores [0, 1,69], com médios de 0,46 e em 2006 um intervalo [0, 1,09] e médios de 0,24. Com base nestas variações a região foi dividida em 5 classes. Nesta classificação, os valores em verde escuro representam regiões com IAF altos (> 0,90), os em verde claro representam regiões com valores medianos (0,60 – 0,90), os em amarelos representam regiões com IAF médios (0,30 – 0,60), os em vermelho representam regiões com IAF muito baixos (< 0,30) (Figura 5a e 5b). Observa-se que para 1999 a maior parte da região tem uma cobertura vegetal com valores de IAF médios e para 2006 ocorreu um aumento considerável nas regiões com IAF baixos.

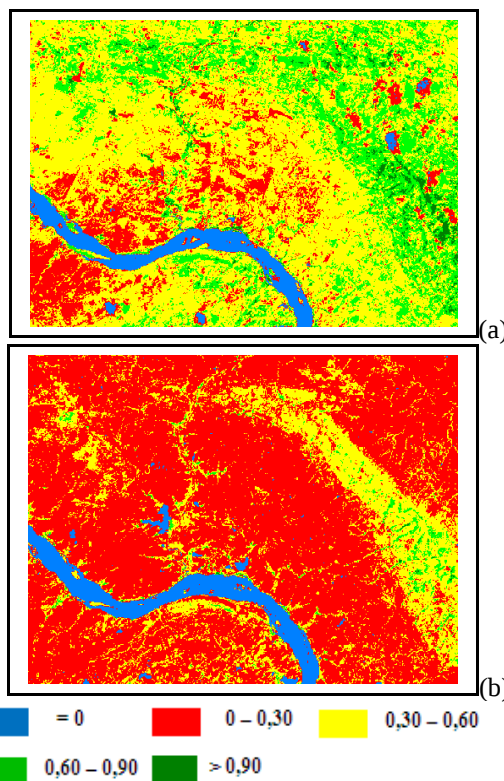


Figura 5 – Imagens da classificação do IAF de 1999(a) e 2006(b) da região em estudo.

Teixeira et al. (1997) em estudo na região de Petrolina (PE) analisou valores de IAF para cultura da videira e observou que a partir de medições do saldo de radiação acima da folhagem e do índice de área foliar, pode-se estimar a repartição da energia entre o solo e as plantas no cultivo da videira. Valores próximos a 4,0% para IAF foram obtidos por Boegh et al. (2002) para áreas com vegetação densa e áreas irrigadas.

A imagem da subtração do NDVI (1999 - 2006) classificada para avaliar a variação da cobertura vegetal mostrou que ocorreu uma alteração no sentido de diminuição na densidade da cobertura vegetal de aproximadamente 323,7km², sendo uma faixa de 85% da área total e bem distribuída espacialmente na região em estudo (cor azul, Figura 5a). Observou-se também uma alteração no sentido de aumento da densidade da cobertura vegetal, de aproximadamente de 36,1 km², uma faixa de 9,5% da área total, sendo mais acentuada ao Oeste da região em estudo (cor vermelha, Figura 5a). Nas regiões em cor branca não ocorreu variação no NDVI. A imagem da subtração do SAVI classificada mostrou que ocorreu também uma diminuição da biomassa e volume de cobertura vegetal de aproximadamente 314,3km², sendo uma faixa de 82,7% da área total (cor azul, Figura 5b) e bem distribuída espacialmente sobre a bacia.

Verificou-se também um aumento nos valores de biomassa e volume em uma área de aproximadamente de 37,8km², uma faixa de 10% da área total (cor vermelha, Figura 5b). Nas regiões em cor branca não ocorreu variação no SAVI. A imagem da subtração do IAF classificada mostrou que ocorreu também uma diminuição na área foliar da vegetação em uma área de aproximadamente 325,1km², sendo uma faixa de 85,5% da área total (cor azul, Figura 5c) e bem distribuída espacialmente sobre a bacia. Verificou-se também um aumento nos valores do IAF em uma área de aproximadamente de 34,4km², uma faixa de 9% da área total (cor vermelha, Figura 5c). Nas regiões em cor branca não ocorreu variação no IAF.

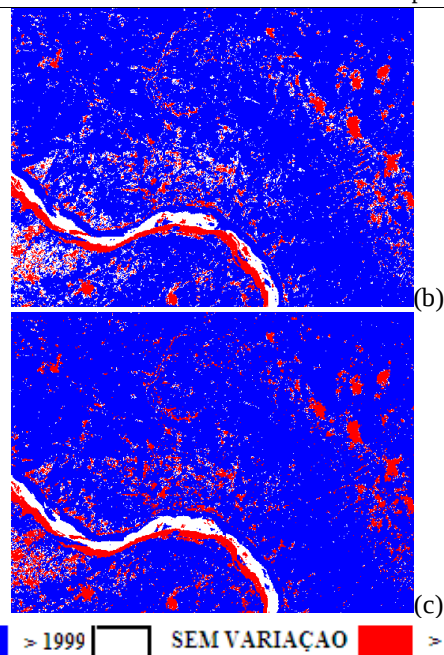
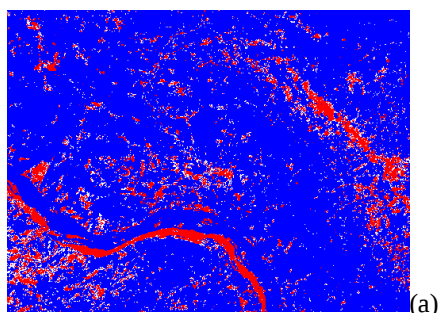


Figura 6 – Imagens da subtração (1999 - 2006) classificadas NDVI (a), SAVI (b) e IAF (c) da região em estudo.

4 CONCLUSÕES

As imagens dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF confirmaram sua aplicabilidade como ferramenta no monitoramento de cobertura vegetal em bacias hidrográficas permitindo alcançar o objetivo proposto. A diminuição da densidade de cobertura verde na parte sul da bacia do rio Traipu, no período de sete anos, ocorreu a uma taxa de quase 12% ao ano. Seria interessante fazer um estudo posterior considerando valores maiores para a constante de ajuste L usada no cálculo de SAVI, pois se comprovou que a região tem uma cobertura vegetal pouco densa. Atualmente, o grande desafio é a utilização de dados de sensoriamento remoto para extrair propriedades da cobertura vegetal pela inversão dos modelos de transferência radiativa. Todavia, mais esforços são necessários para incluir a variabilidade espacial e temporal da interação da radiação eletromagnética com os diferentes ecossistemas vegetais.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G., TASUMI, M., TREZZA, R., WATERS, R. e BASTIAANSEN, W.G.M. **Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) – Advanced training and users Manual**. Idaho, p. 98, 08/2002.
- BOEGH, E., SOEGAARD, H., THOMSEN, A. **Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric and surface resistance**. Remote sensing of environment. v.79 p.329-343. 2002.
- CHANDER, G. e MARKHAM, B.L. **Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges**. Ieee Transactions on

Geoscience and Remote Sensing, Vol. 41, n.º. 11, 2674-2677, November 2003.

CARUZZO, A., ROCHA, H.R. **Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) em Regiões de Pastagem e Floresta com um método indireto ('gap fraction') durante o Experimento AMC/LBA-1999.** Artigo online: <http://lba.cptec.inpe.br/publications/>, disponibilizado em 2003 e acessado em Junho 2008.

GIONGO, P. R.; MOURA, G. B. A.; RÊGO, P. L.; MEDEIROS, S. R. R. **Índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF estimados com imagens Landsat 5-TM.** In: VII Jornada de ensino, Pesquisa e Extensão, Recife. CD ROM. Recife – PE: Imprensa Universitária – UFRPE, 2007.

HUETE, A.R. **A soil-adjusted vegetation index (SAVI).** Remote Sens. Environ., v. 25, p. 53-70, 1988.

JACKSON, R.D.; HUETE, A.R. **Interpreting vegetation indices.** Preventive Veterinary Medicine, v. 11, n. 2, p. 185-200, 1991.

MACIEL, M.N.M.M., LINGNAU, C., SANQUETTA, C.R., PÉLLICO, S. **Relação entre variáveis digitais de imagem Landsat e variáveis biométricas de uma floresta primária na Amazônia Oriental.** Anais XI SBSR, Belo Horizonte, abril 2003, INPE, p. 2791-2798.

OLIVEIRA, A.D.S.R, DI PACE, F., CABRAL, S.L., COSTA, N.F.S. **Análise preliminar do IVDN e da Temperatura da Superfície na mesorregião Leste do estado de Alagoas utilizando imagens do satélite TM/Landsat 5.** XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2006.

ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHEEL, J.A, DEERING, D.W., HARLAN, J.C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation.** NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 1974, 371 p.

TEIXEIRA, A. H. C. e LIMA FILHO, J. M. P. **Relações entre o índice de área foliar e radiação solar na cultura da videira.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 143-146, 1997.

XAVIER, A. **Estimativa de propriedades biofísicas de plantações de eucaliptos a partir de dados Landsat-TM.** São José dos Campos. (INPE-6832-TDI/645). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998.

ZHANG, M.; USTIN, S.L.; REJMANKOVA, E.; SANDERSON, E.W. **Monitoring Pacific Coast Salt Marshes using Remote Sensing. Ecological Applications.** [on line]. v. 7, n. 3, p. 1039-1053, 1997. <http://cstars.ucdavis.edu/papers/sustin/rssaltmrsh/paper.html>. Jan. 1999. Acessado em junho de 2008.