

## **Análise da detecção de mudanças espaço-temporal da cobertura vegetal com base na comparação das técnicas MTVI e *Change Detection* num Município do Semiárido Pernambucano**

Bruno Olimpio dos Santos<sup>1</sup>  
Hewerton Alves da Silva<sup>1</sup>  
Ailton Feitosa<sup>1</sup>  
Josiclêda Domiciano Galvêncio<sup>1</sup>  
Maria do Socorro Bezerra de Araújo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco – UFPE  
CEP: 50670-901 Cidade Universitária, – Recife - PE  
belbrunosantos@gmail.com  
he.wasufpe@gmail.com  
a.feitosa@bol.com.br  
josiclea@hotmail.com  
socorro@ufpe.br

**Abstract** Technological advances in tools for collecting and processing information obtained by sensors has allowed obtaining more rapid and various types of environmental data, especially through remote sensing (RS). The accuracy and data quality have been following this development trend. The accurate processing and proper interpretation of the data obtained are of paramount importance for the total recovery and differentiation result from handling the product RS. Environmental monitoring in this study the vegetation cover is one of the areas most benefited by the advance of the RS. It was used for both, satellite images Landsat-5/TM, processed with the initial steps of the method Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). The change detection itself was performed by applying the MTVI (Multi-temporal Vegetation Index) and Change Detection technique of ERDAS 9.3. Thus, there is an introductory overview of the process of change detection and comparative understanding of the techniques mentioned representations, considering their response in relation to the biophysical landscape analysis. The methods proved to be converging on the finding of the general phenomenon, but differing in that it is sensitivity to certain types of change. The result generated from the model pre-designed by ERDAS software has proved to be significantly more efficient in the evaluation of vegetation.

**Keywords:** Remote sensing, environmental monitoring, Landsat, MTVI, vegetation.

### **1. Introdução**

Com as diversas modificações acontecidas no meio ambiente atualmente surge à importância de diagnosticar áreas modificadas ao longo do tempo, com o objetivo de assegurar a proteção e qualidade do meio. (Ribeiro, 2009)

Detecção de mudanças pode ser definida como o reconhecimento de alterações nos padrões característicos de determinado alvo nas imagens em certo período de tempo (Santos et al., 2005). No monitoramento ambiental, alguns critérios devem ser considerados relevantes como a origem da alteração da paisagem, a detecção de mudanças, a intensidade, a direção e a extensão da transformação de uso e cobertura da terra (Macleod & Congalton, 1998).

Uma fonte de dados alternativa para a modelagem é tida através da técnica do sensoriamento remoto. Com dados adequados, as estimativas do modelo podem ser em escalas espaciais e temporais permitindo a comparações de padrões espaciais, sazonais para variações inter-nuais da atividade da vegetação a ser avaliada (Heinsch et al., 2006).

As técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo amplamente utilizadas desde a década de 1970, trazendo uma grande contribuição para o mapeamento e monitoramento dos recursos naturais.

A utilização de satélites orbitais, que propiciam coberturas repetitivas em intervalos relativamente curtos, tem-se tornado uma das principais ferramentas de detecção de mudanças

da paisagem de uma dada região. Das várias contribuições do sensoriamento remoto, a detecção de mudanças qualitativa e quantitativa da vegetação, é uma das mais importantes. Para isso, são calculados os índices de vegetação (IV), que tornam possível maximizar as características intimamente ligadas ao dossel verde e minimizar as variações não ligadas a eles (Oliveira, 2009). Os índices de vegetação foram concebidos com a finalidade de ressaltar a resposta espectral da vegetação em função do fechamento de seu dossel sobre o solo (Jackson & Huete, 1991).

Para Costa, (2007) a análise espaço-temporal da vegetação, com base nos seus índices, pode ajudar na avaliação e no monitoramento das condições de desenvolvimento da cobertura do solo. Essa avaliação é feita a partir da detecção espaço-temporal de mudanças na vegetação por meio da interpretação de imagens de sensores remotos. Em particular, pelo Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que obtido em diferentes datas de processamento, permitem avaliar a variação da área verde num certo período de tempo.

No presente estudo, procura-se fazer uma demonstração comparativa do emprego de duas técnicas de processamento para a detecção das mudanças espaço-temporal na cobertura da vegetação por meio do MTVI (Multitemporal Vegetation Index) e da *Change Detection* da ferramenta *Model Maker* do software *ERDAS Imagine 9.3*. A finalidade desse procedimento é a averiguação dos resultados mais satisfatórios, em função da cobertura vegetal detectada pelas respectivas metodologias. Esta averiguação final será realizada levando-se em consideração o nível de acurácia demonstrado por cada uma das técnicas em relação à sua sensibilidade à variações de ganho ou perda do dossel da vegetação sobre o solo. Espera-se com esse procedimento, determinar a mais adequada para cada tendência encontrada.

## 2. Metodologia

### 2.1. Localização da Área de Estudo

O estudo foi realizado com base na delimitação territorial do município de Serra Talhada-PE, localizado na Mesorregião do Sertão pernambucano, na parte setentrional da microrregião Pajeú. O bioma predominante é a caatinga, o clima é semi-árido, com temperatura média anual de 32°C e precipitação média anual de 431,8 mm.

Geograficamente, o município de Serra Talhada limita-se ao norte com o Estado da Paraíba, ao sul, com o município de Floresta-PE, a leste com os municípios de Calumbi-PE, Betânia-PE e Santa Cruz da Baixa Verde-PE e, a oeste, com os municípios de São José do Belmonte-PE e Mirandiba-PE. A área municipal é de 2.959 km<sup>2</sup>, representando 3,03% do Estado de Pernambuco (Figura 1).

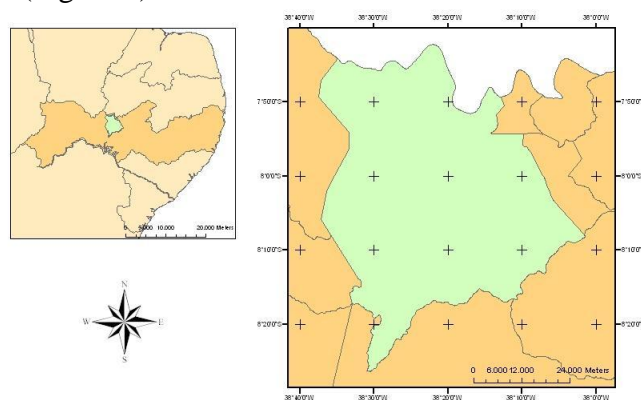


Figura 1 - Localização do município de Serra Talhada-PE.

### 2.2. Dados de satélites

Foram utilizadas neste estudo imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat-5 de órbita/ponto 216/66. Para analisar e comparar os resultados, que seriam gerados

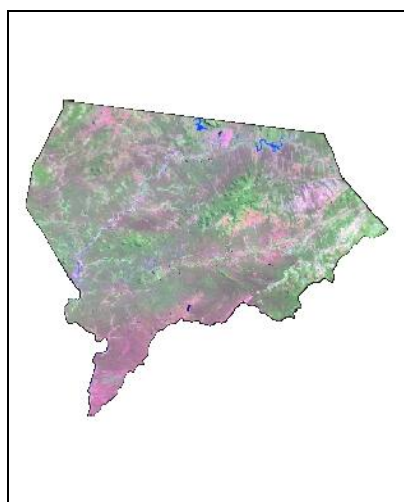
pelos técnicas de detecção de mudanças espaço-temporal na cobertura da vegetal com base no NDVI, fez-se a seleção de duas imagens: uma imagem de 19/05/1994 e outra de 05/04/2007 de mesmo período de sazonalidade climática. Nessas imagens, fez-se a correção geométrica com base numa imagem ortorretificada referente à área de estudo, que foi adquirida junto ao Siscom/IBAMA (Sistema compartilhado de Informações Ambientais/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente).

### 2.3. Softwares Utilizados

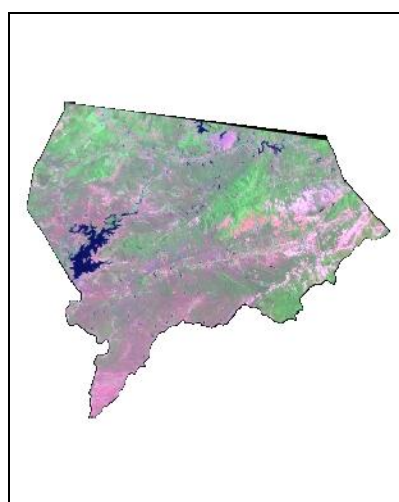
No pré-processamento das imagens de satélite referentes à pesquisa, foi utilizado o software ERDAS *Imagine* 9.3. Inicialmente foi feita a soma das bandas e a definição da composição RGB 542. Posteriormente, procedeu-se com a correção geométrica e o recorte da área de interesse com auxílio da imagem ortorretificada de referência e a shape da área.

Com a ferramenta *Model Maker* do software ERDAS *Imagine* 9.3 foram executados os cálculos de radiância, reflectância e NDVI para gerar as imagens que serviram de base para o emprego das técnicas MTVI e ***Change Detection*** na detecção de mudanças espaço-temporal da cobertura da vegetação. Assim, os produtos finais gerados poderiam ser interpretados e comparados com os seus resultados, para se determinar qual técnica foi mais eficiente.

Com o programa ArcGIS 9.3, foi feita a classificação e quantificação das categorias de mudanças espaço-temporal detectadas pelos resultados das técnicas de comparação MTVI e ***Change Detection***, bem como seu ajuste para interpretação visual e geração das imagens (Figuras 2 e 3).



**Figura 2** – Imagem Landsat-5/TM de órbita/ponto 216/66 de 19/05/1994.



**Figura 2** – Imagem Landsat-5/TM de órbita/ponto 216/66 de 05/04/2007

#### 2.4.1. Conversão radiométrica

A primeira etapa é o saldo de radiação à superfície ( $R_n$ ), através de uma série de etapas efetuadas com a ferramenta *Model Maker* do software ERDAS *Imagine* 9.3. A Etapa 1 constitui no cômputo da radiância espectral de cada banda ( $\lambda_i L$ ), ou seja, efetivação da Conversão Radiométrica, na qual o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral monocromática. Essas radiâncias representam a radiação solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite Landsat (705 km), para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7; para a banda 6, essa radiância representa a radiação de onda longa emitida por cada pixel, e a calibração é efetivada segundo a equação (Markham & Baker, 1987):

$$L_{\lambda_i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (\text{Eq.1})$$

onde:  $a$  e  $b$  são as radiâncias espectrais mínima e máxima ( $2 \text{ 1 1 Wm sr } \mu\text{m}$ );  $ND$  é a intensidade do pixel (número digital – número inteiro de 0 a 255); e  $i$  corresponde as bandas (1, 2, ... e 7) do satélite Landsat 5 - TM.

#### 2.4.2. Reflectância

A Etapa 2 representa o cômputo da reflectância monocromática de cada banda ( $\rho$ )  $\lambda_i$ , definida como a razão entre o fluxo da radiação solar refletida e o fluxo de radiação solar incidente que é obtida segundo a equação (Bastiaanssen et al., 1998; Allen et al., 2002; Silva et al., 2005):

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (\text{Eq.2})$$

onde  $L_{\lambda_i}$  é a radiância espectral de cada banda,  $k_{\lambda_i}$  é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ( $\text{Wm}\mu\text{m}$ ),  $Z$  é o ângulo zenital solar e  $d_r$  é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol ( $r_o$ ) e a distância Terra-Sol ( $r$ ) em determinado dia do ano (DSA) que, de acordo com Iqbal (1983), é dada por:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos (DSA \cdot 2\pi/365) \quad (\text{Eq.3})$$

onde: DSA representa o dia seqüencial do ano e o argumento da função  $\cos$  está em radianos. O valor médio anual de  $d_r$  é igual a 1,00 e o mesmo varia entre 0,97 e 1,03, aproximadamente.

#### 2.4.3. Índices de vegetação: NDVI

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) é obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (IV  $\rho$ ) e do vermelho (V  $\rho$ ), e a soma das mesmas:

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (\text{Eq.4})$$

onde  $\rho_{IV}$  e  $\rho_V$  correspondem, respectivamente, às bandas 4 e 3 do Landsat 5 – TM.

O NDVI é um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde. Seus valores variam de  $-1$  a  $+1$  e, para superfícies com alguma vegetação, o NDVI varia de 0 e 1; para a água e nuvens, o NDVI é, geralmente, menor que zero (Figuras 4).

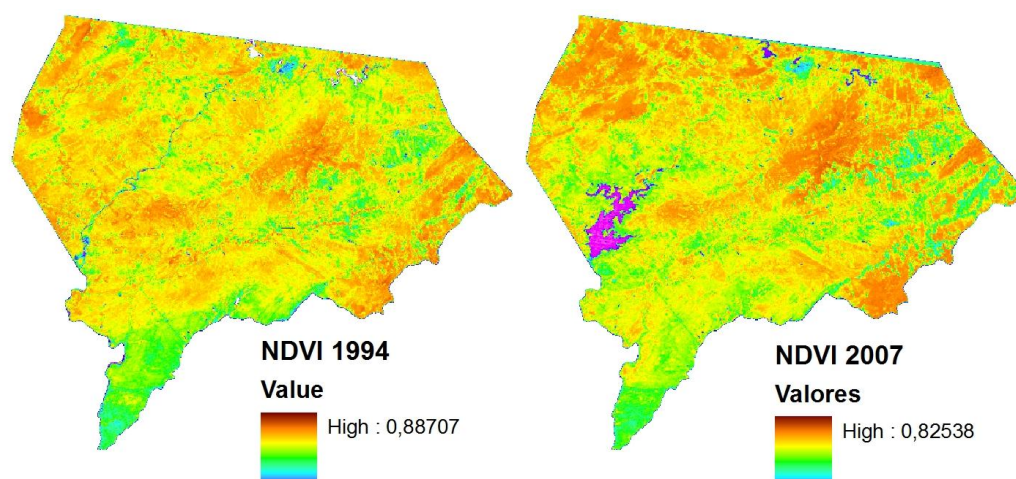


Figura 4 – NDVI das Imagens Landsat-5/TM de órbita/ponto 216/66 de 19/05/1994 e 05/04/2007.

## 2.4.4. Detecção de Mudanças

### 2.4.4.1. Técnica do MTVI

O Índice de Vegetação Multitemporal (MTVI) consiste na subtração dos índices de vegetação das datas das imagens, a mais antiga pela mais recente. Uma vez que a entrada de dados utilizada nessa etapa advém do NDVI, o resultado gerado apresentará valores entre -1 e 1.

Em se tratando de detecção de mudanças por técnicas de geoprocessamentos, é de suma importância a observância do processo de registro das imagens durante o pré-processamento para que sejam comparadas pixel à pixel. Para execução da técnica do MTVI usa-se:

$$MTVI = NDVI (inicial) - NDVI (final) \quad (Eq.5)$$

### 2.4.4.2. Técnica do CHANGE DETECTION

O emprego da técnica do *Change Detection*, consiste no processamento das imagens NDVI geradas, de modo semelhante ao procedimento de extração do MTVI, mas lançando mão de um modelo de processamento pré-definido. Neste, há mais variáveis consideradas pelo software durante o processamento. A mesma está disponível por meio de uma ferramenta facilitada no ERDAS 9.3.

A ferramenta é acessada através do seguinte caminho: menu *Interpreter>Utilities>Change Detection*. Para gerar o resultado procedeu-se então, com a entrada dos dados pré-processados e a definição das informações para a saída dos novos dados. O modelo de processamento pode ser visualizado através da função *View*. A recomendação quanto à acurácia do registro é a mesma do procedimento anterior.

## 3. Resultados

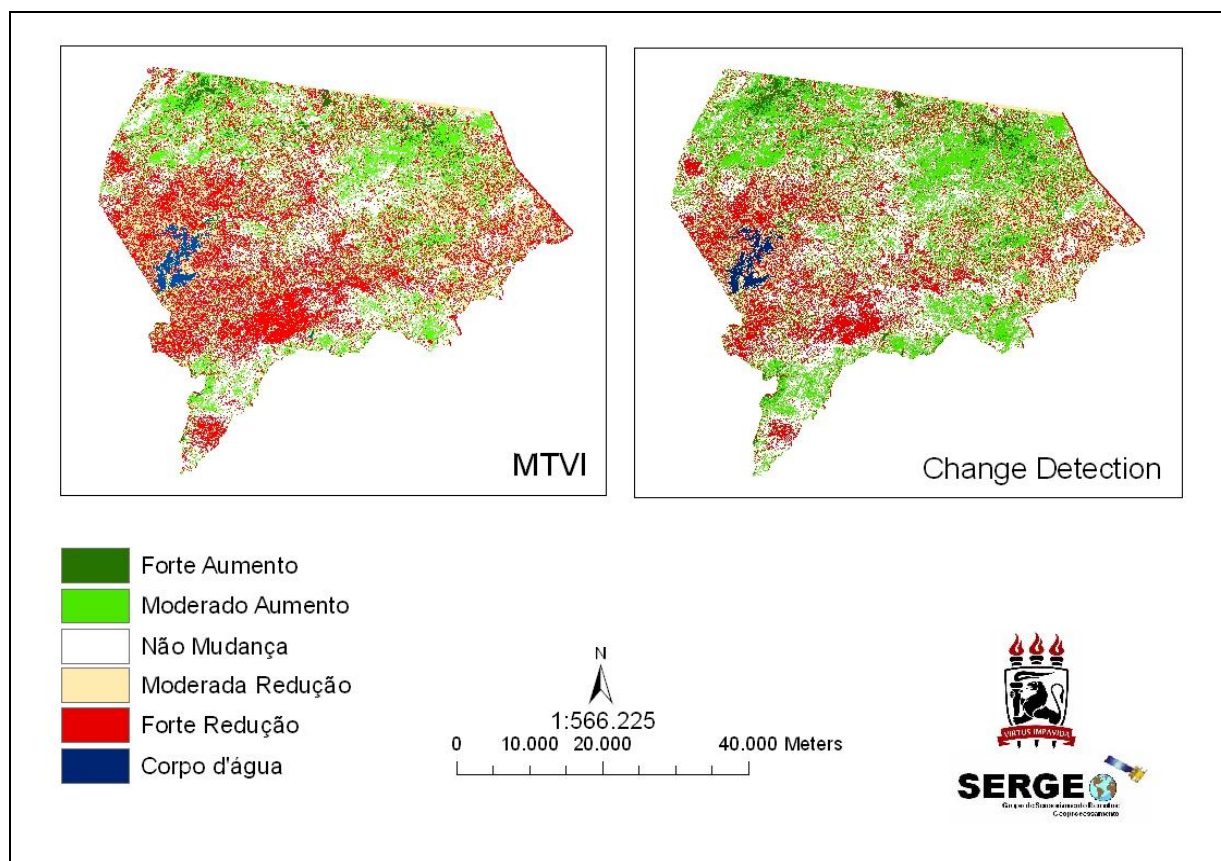
Na classificação dos dados gerados pelas técnicas do MTVI e do *Change Detection* apresentados na **Tabela 1** a seguir, observou-se maior sensibilidade na detecção de mudanças espaço-temporal da vegetação nas áreas com *forte redução* da cobertura vegetal em função do fechamento de seu dossel sobre o solo, quando se faz a simples subtração dos NDVI gerados nas imagens Landsat-5/TM consideradas no estudo. Objeto do emprego da técnica do MTVI. Situação esta, que difere em área de cobertura vegetal, quando aplicada à técnica do *Change Detection* nos NDVI gerados pelas mesmas imagens, onde o *moderado aumento* da cobertura vegetal foi mais perceptível. Essa diferença de resultados ocorreu em função da sensibilidade na detecção de mudanças pelas variáveis do processamento pré-definido no próprio *software ERDAS Imagine 9.3*.

Técnica	Forte Redução	Moderada Redução	Não Mudança	Moderado Aumento	Forte Aumento	Corpo Hídrico
MTVI (%)	35.16	18.43	4.96	5.47	35.16	0.83
Change Detection (%)	15.40	3.63	34.90	39.82	5.50	0.74
Diferença (%)	19.76	14.8	29.94	34.35	29.66	0.09

**Tabela 1** – Classificação dos resultados do MTVI e do *Change Detection*.

Analisando-se os resultados demonstrados na **tabela 1** e apresentados na Figura 5, observa-se que as áreas referentes à vegetação densa apresentaram no MTVI, uma redução em torno de 56,2%. Nos resultados obtidos pelo *Change Detection*, cuja cobertura vegetal

predominante passou a ser a cobertura de vegetação rala, observou-se um aumento considerável na detecção das mudanças espaço-temporal da cobertura vegetal entre os resultados do NDVI de cada imagem do mesmo período. Isto significa, que os resultados do NDVI dessas imagens, analisados pela técnica do *Change Detection* do software ERDAS Imagine 9.3, é mais eficaz para detecção de mudanças espaço-temporal no dossel da cobertura da vegetação sobre o solo.



**Figura 5** – Detecção de mudanças na aplicação das técnicas do MTVI e do *Change Detection*.

#### 4. Conclusões

A detecção de mudanças espaço-temporal pelo uso do NDVI, obtido a partir das imagens LANDSAT-5/TM de 1994 e 2007 para o mesmo período da sazonalidade climática, com a técnica *Change Detection* do software ERDAS *Imagine* 9.3 foi capaz de melhor caracterizar os níveis dessas mudanças, onde se percebeu um maior aumento das áreas de cobertura da vegetação rala, possivelmente pela influência de mudanças sensíveis no uso e ocupação do solo, detectadas pelo processamento do NDVI na imagem de 2007.

O uso do NDVI na detecção dessas mudanças mostrou distingui-las entre si em função da presença e da condição do dossel da vegetação tornando possível, com o uso dessas técnicas o monitoramento das condições de desenvolvimento cobertura da vegetação local.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro a pesquisa e bolsa de estudo de PIBIC através do projeto/processo: 558074/2009-0.

### Referências Bibliográficas

- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. 2002. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual** – Idaho Implementation, version 1.0. 97p.
- BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 198-212.
- COSTA, F. H. S. ; SOUZA FILHO, C. R. ; RISSO, A. 2007. Análise Temporal de NDVI e Mapas Potenciais Naturais de Erosão na Região do Vale do Ribeira, São Paulo. In: XIII simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. XIII SBSR – *Anais*.
- HEINSCH, F. A. et al. 2006. Evaluation of remote sensing based terrestrial productivity from MODIS using regional tower eddy flux network observations. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 44, p. 1908-1925.
- JACKSON, R. D.; HUETE, A. R. 1991. Interpreting vegetation indices. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 11, n. 2, p. 185-200.
- MACLEOD, D. R.; CONGALTON, R. G. 1998. A quantitative comparison of change detection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 64, n. 3, p. 207-216.
- MARKHAM, B. L.; BARKER, L. L. 1987. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v. 8, p. 517-523.
- OLIVEIRA, W. M.; CHAVES, I. B. ; LIMA, E. R. V. 2009. Índices Espectrais de Vegetação de Caatinga em um Neossolo Litólico do Semi-árido Paraibano. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).
- RIBEIRO, J. R. ; SILVA, M. V. A.; BOGGIONE, G. A. 2009. Diagnose da cobertura vegetal de Ilha Grande no Município de Angra dos Reis RJ, Pós Presídio, utilizando técnicas de Geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. XIV SBSR, 2009.
- SANTOS, J. R.; KRUG, T.; ARAUJO, L. S.; MEIRA FILHO, L. G.; Almeida, C. A. 2001. Dados multitemporais TM/Landsat aplicados ao estudo da dinâmica de exploração madeireira na Amazônia In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu, PR, 21-26 abr, 2001. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001, p.1751-1755. [INPE-8219-PRE/4008]
- SILVA, B. B. DA; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. 2005. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, p. 243-252.