

## **Análise comparativa do SAVI sobre regiões da caatinga brasileira obtido por dados remotos**

### **Comparative analysis of the SAVI about Brazilian caatinga regions of data obtained by remote**

Fabiane Regina da Cunha Dantas<sup>1</sup>, Francisco das C. A. do Nascimento<sup>2\*</sup>, Célia Campos Braga<sup>3</sup>

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo obter a distribuição espacial do SAVI (Índice de Vegetação Ajustado por Solo) e encontrar uma relação funcional entre o SAVI obtido pelos sensores AVHRR/NOAA e TM/LANDSAT-5 sobre diferentes regiões de Caatinga nas proximidades de Quixeré-CE, nos anos de 2005 e 2006. As imagens foram processadas pelo software Erdas Image utilizando o SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*). Os resultados mostraram diferenças na variabilidade espacial e temporal do SAVI nos dois anos estudados, pois 2005 foi predominantemente seco enquanto que 2006 foi um ano chuvoso. A relação funcional entre os dados AVHRR e TM apresentou coeficiente de correlação (r) igual a 0,75, com erro médio de 3,65%.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto, AVHRR, TM.

**Abstract:** This paper had as objective to obtain space distribution of SAVI (Vegetation Index adjusted by soil) and find functional relationship between SAVI gotten by the sensors AVHRR/NOAA and TM/LANDSAT-5 over different targets of the Caatinga in the proximities of Quixeré – CE in the years of 2005 and 2006. The images were processed by the software Erdas Image using the SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*). The results showed differences in the spatial and weather variability of the SAVI in the two studied years, therefore 2005 were predominantly dry while that 2006 were one year rainy. The functional relationship between AVHRR and TM data presented correlation coefficient (r) equal 0,75 with average error of 3,65%.

**Keywords:** Remot Sensing, AVHRR, TM.

## **INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, o sensoriamento remoto, tem assumido grande importância no monitoramento de diversos fenômenos meteorológicos e ambientais, assim como oferecendo grande suporte às previsões de tempo e clima, isso proporciona uma maior facilidade na hora de monitorar as mudanças naturais e/ou antrópicas que ocorrem na vegetação. Dados obtidos remotamente de diferentes satélites têm sido amplamente utilizados com diferentes finalidades em todo mundo.

(HUETE 1988) encontrou uma relação para índice de vegetação ajustado para o solo SAVI. O Índice de Vegetação Ajustado por Solo é um importante passo para o estabelecimento de um modelo global simples que pode descrever o sistema dinâmico solo-vegetação nos dados de sensoriamento remoto. (HA et al. 2001) analisaram a variabilidade do IVDN (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada), do IAF (Índice de Área Foliar) e temperatura da superfície estimada a partir de dados do AVHRR/NOAA na Coreia. Os autores observaram que a variabilidade interanual do IAF depende fortemente do tipo de vegetação e que as mudanças do IAF não estão relacionadas com as variações do IVDN. (BRAGA et al. 2003) utilizaram séries temporais do IVDN para determinar o tempo de resposta da vegetação às precipitações. (MELO 2003) estimou o índice de área

foliar (IAF) e a fração de cobertura vegetada ( $F_{veg}$ ) a partir de dados quinzenais de IVDN obtido de imagens AVHRR/NOAA incorporando-os no modelo “*Regional Atmospheric Modeling System*” (RAMS). (SILVA et al. 2005) utilizaram o sensor TM para analisar a variabilidade espacial do albedo em áreas irrigadas de frutíferas e vegetação nativa no semi-árido no vale do São Francisco em Petrolina-PE. (BRAGA et al. 2006) utilizaram séries temporais do IVDN a partir de imagens NOAA para estimar a fração vegetação no leste da Bahia. Os autores concluíram que na década de 1990 houve uma queda considerável da vegetação no setor leste da Bahia. (DANTAS et al. 2008) utilizaram dados dos satélites NOAA e LANDSAT-5 para encontrar uma relação entre o albedo médio em áreas de frutífera, Caatinga e área mista (Caatinga e agricultura irrigada). A relação funcional entre os dados do AVHRR e TM apresentou um coeficiente de correlação linear igual a 0,75, com erro médio de 1,67%. (BRAGA et al. 2009) utilizaram imagens dos sistemas de sensores TM/LANDSAT para variabilidade espacial do albedo e IAF em áreas heterogêneas no Ceará. Os resultados mostraram que os parâmetros estudados para os dias chuvosos são bastante coerentes. (DANTAS et al. 2009) utilizaram dados remotos para encontrar uma relação do IVDN médio sobre áreas de Caatinga em diferentes regiões do nordeste brasileiro. A correlação linear dos dados de IVDN, obtidos entre os dois sensores

\*autor para correspondência

Recebido para publicação em 14/04/2012; aprovado em 19/09/2012

<sup>1</sup> M sc., Professora Assistente do Departamento de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN, Brasil. fabiane@ufersa.edu.br.

<sup>2</sup> Físico do Departamento de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN, Brasil. franciscofisica@ufersa.edu.br \*

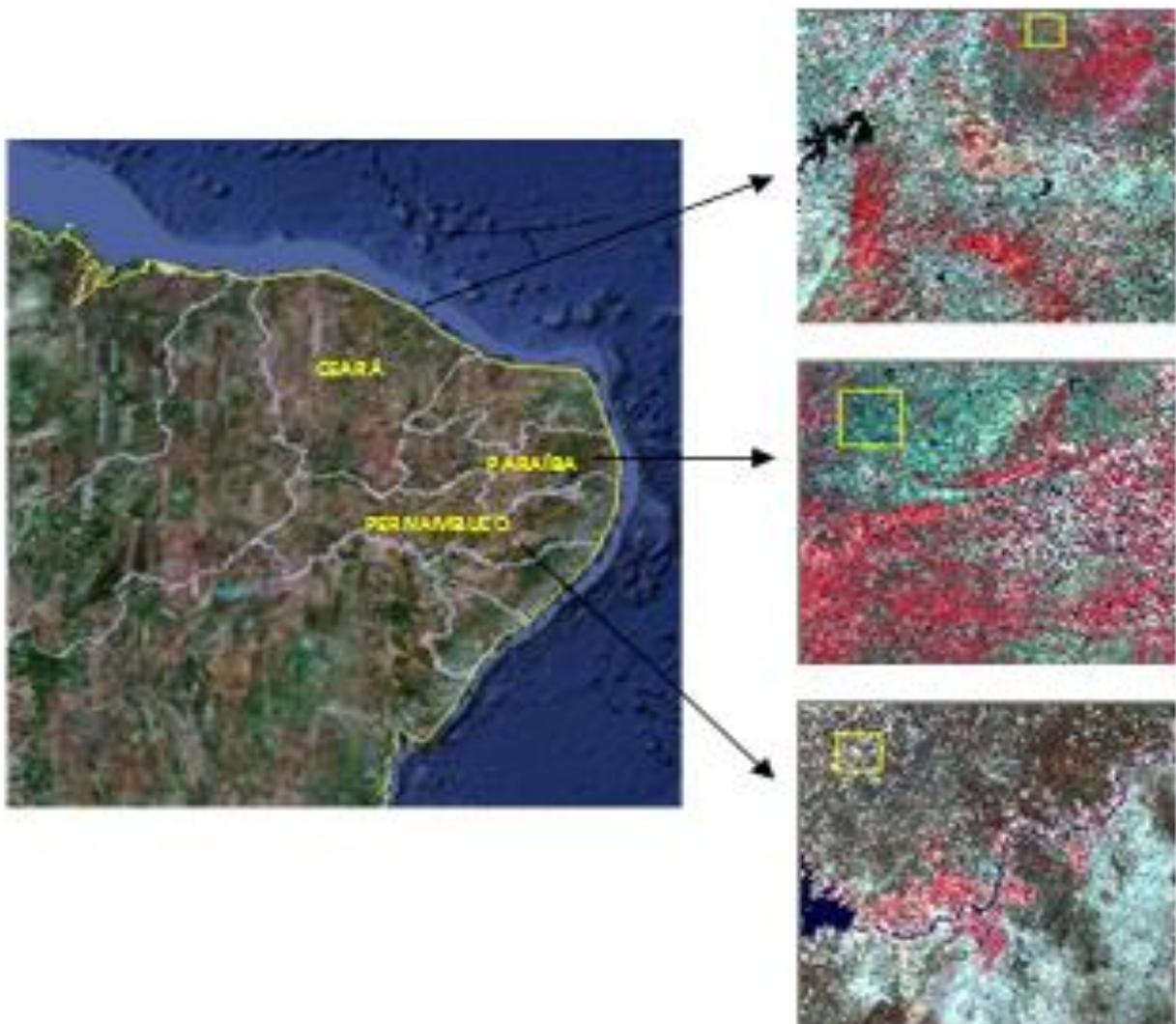
<sup>3</sup> Professora Dr<sup>a</sup> sc., Universidade Federal de Campina Grande

envolvidos, foi de 0,77, com erro médio de 6,68%. (DANTAS et al. 2010) estimaram a fração vegetação sobre diferentes alvos (vegetação nativa, e agricultura irrigadas) nas proximidades de Quixeré – CE utilizando imagens do sensor AVHRR/NOAA. (LIBERATO et al. 2011) estimou dados de albedo à superfície terrestre usando-se o sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5 e compará-lo com dados de uma estação micrometeorológica.

Diante das diversas pesquisas realizadas através das técnicas de sensoriamento remoto, o objetivo deste estudo foi encontrar uma relação entre o SAVI em diferentes regiões dos estados do Ceará, Paraíba e Pernambuco sobre a Caatinga com dados do LANDSAT-5/TM e NOAA/AVHRR.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas quinze imagens do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite LANDSAT-5 reamostradas para 1 km de resolução, composta de sete canais adquirida ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e quinze do AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer) do NOAA, composta de 5 canais. A área de estudo, composta por vegetação do tipo Caatinga, localiza-se nos estados: do Ceará (para os dias 21 de agosto de 2005, 24 de outubro de 2005, 28 de janeiro de 2006, 23 de julho de 2006, 08 de agosto de 2006, 24 de agosto de 2006, 28 de setembro de 2007 e 13 de agosto de 2008), da Paraíba (para os dias 10 de julho de 2004, 17 de dezembro de 2004, 29 de julho de 2005, 01 de outubro de 2005 e 19 de julho de 2007) e de Pernambuco (para os dias 24 de setembro de 2003 e 10 de dezembro de 2004), conforme ilustrada na Figura 1.



**Figura 1.** Áreas de estudo localizadas nos estados do Ceará, Paraíba e Pernambuco composta por vegetação de Caatinga.

As imagens foram processadas com auxílio do Software ERDAS utilizando a Calibração radiométrica, proposta por MARKHAM & BAKER (1987):

$$L_{\lambda} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} \times ND$$

em que,  $a_i$  e  $b_i$  são as radiancias espectrais mínimas e máximas ( $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ), ND é a intensidade do pixel (número inteiro de 0 a 255),  $i=1, 2, \dots, 7$ , corresponde às bandas do TM / LANDSAT. Na Refletância espectral planetária em cada banda empregou-se a expressão de BASTIAANSEN (1995) dada por:

$$r_{pi} = \frac{L_{\lambda} \times \pi}{K_{\lambda} \times \cos Z \times d_r}$$

em que  $r_{pi}$  é a refletância planetária da banda  $i$ ,  $K_{\lambda}$  é a irradiância no topo da atmosfera,  $Z$  é o ângulo zenital do Sol e  $d_r$  é o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol.

As refletâncias das imagens AVHRR foram obtidas através dos coeficientes de calibração (inclinação  $S$  e intercepto  $I$ ) contidos em arquivos brutos, obtidos diretamente da NOAA a partir da expressão:

$$\alpha_i = \rho^2 (S_i C_{10,i} + I_i)$$

em que  $\alpha_i$  é a refletância (%) do pixel correspondente à banda  $i$  (1 ou 2 do AVHRR),  $\rho$  é a distância Terra – Sol no dia em questão (em unidade astronômica),  $C_{10,i}$  é a intensidade no pixel (em 10 bits) e  $S_i$  e  $I_i$  são os coeficientes de calibração da banda  $i$ .

O SAVI é o Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo que foi determinado pela expressão de HUETE (1988):

$$SAVI = \frac{L + L_V - \rho_V}{L + \rho_{IV} + \rho_V}$$

em que  $L = 0,5$  tanto para os satélites da série NOAA quanto para o LANDSAT.

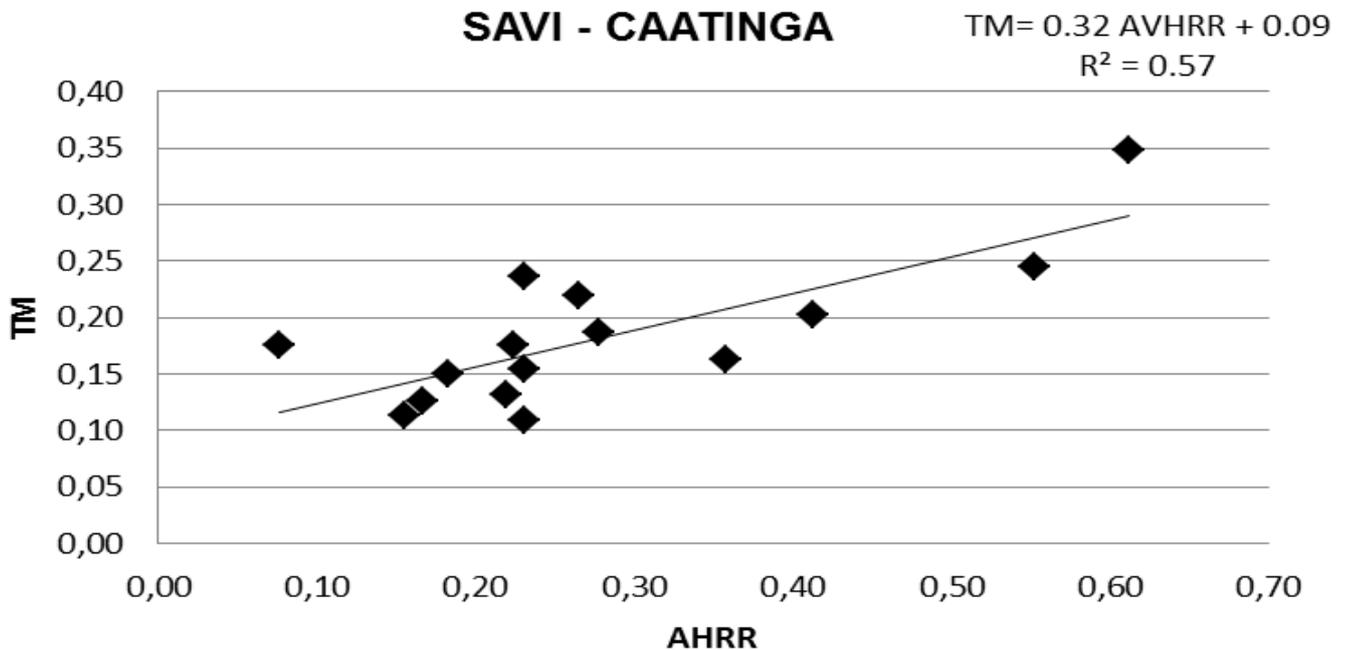
Na análise estatística dos dados para encontrar a relação existente entre o SAVI estimado pelo AVHRR/NOAA e pelo TM/LANDSAT, utilizou-se o método de regressão linear segundo critério dos Mínimos Quadrados. Maiores detalhes da metodologia encontram-se em SPIEGEL (1968) e WILKS (1995).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra o diagrama de dispersão e a reta de regressão do SAVI obtidos do AVHRR e do TM nas áreas de estudos para a vegetação de Caatinga. O ajuste do modelo linear para estimar o SAVI foi dado pela equação da reta de regressão:

$$SAVI_{TM} = 0,32.SAVI_{AVHRR} + 0,09$$

com erro padrão da estimativa de 3,65% e coeficiente de correlação linear igual 0,75, o que implica num coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,57.



**Figura 2.** Relação funcional do SAVI obtido pelo AVHRR e TM para vegetação de Caatinga.

O modelo linear utilizado explica 57% da variação total da variável dependente. A significância do

coeficiente de correlação linear ( $r$ ) baseado no teste de t-Student, para o nível de significância de 0,01 com 13

graus de liberdade da amostra ( $V$ ), resultou em  $t_{\text{tabelado}} = 2,65$  contra  $t_{\text{cal}} = 3,79$ . Logo, como  $t_{\text{cal}} > t_{\text{tabelado}}$ , a hipótese nula do qual o  $r$  amostral foi obtido em população com  $\rho = 0$ , foi rejeitada. Observando o coeficiente de correlação, pode-se afirmar que, neste conjunto de dados da vegetação Caatinga 57% das variações encontradas no  $\text{SAVI}_{\text{NOAA}}$  do modelo linear são explicados pela variável independente ( $\text{SAVI}_{\text{LANDSAT}}$ ). Este baixo percentual pode ser associado ao fato da capacidade do sensor AVHRR, considerando, sobretudo, a característica de resolução espacial (1Km) pouco adequada na identificação de determinados alvos em que se deseja uma investigação detalhada da cobertura vegetal. Assim, o uso do sensor TM de resolução espacial mais fina (30m) permite melhor caracterização desses alvos.

## CONCLUSÃO

O modelo de regressão de mínimos quadrados usado para comparar os dados do AVHRR e TM, sobre as três regiões estudadas compostas por vegetação de Caatinga mostrou uma significância entre as informações, apresentando coeficiente de correlação ( $r$ ) satisfatório de 0,75, com erro padrão estimado em 3,65%. Assim, comparações efetuadas entre o SAVI obtidos pelos dois sensores podem ser utilizadas com cautela para diferentes finalidades, tais como: modelos numéricos de previsão de tempo e clima.

## REFERÊNCIAS

BASTIAANSEN, W.G.M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain. Ph. D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 1995.

BRAGA, C. C.; BRITO, J. I. B.; SANSIGOLO, C.A e RAO; T. V. R. Tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais da precipitação no Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria-RS, v.11, n.1, p.149-157, 2003.

BRAGA, C. C.; NEVES, D. G.; BRITO, J. I. Estimativa da fração vegetação no leste da Bahia no período de 1982 a 1999. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 14, n.º 3, p.252 – 260.2006.

BRAGA, C. C.; SOARES, F. R.; DANTAS, F. R. C.; BARBIERI, L. F. P. Determinação do albedo e índice de área foliar usando o sensor TM / LANDSAT 5. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal, Anais..., Natal, 2009, INPE. p. 935-942.

DANTAS, C. F. R.; BRAGA, C. C.; SILVA, A.S. T.; SILVA, B.B. Estimativa do albedo sobre diferentes alvos utilizando dados remoto. In. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008, São Paulo, Anais..., CDROM.

DANTAS, C. F. R.; BRAGA, C. C.; MACEDO, M. J. H. Relação funcional entre IVDN com dados obtidos remotamente sobre regiões de Caatinga. In. III Simpósio Internacional de Climatologia, 2009, Canela, Anais..., CDROM.

DANTAS, C. F. R.; NASCIMENTO, F. C. A.; BRAGA, C. C. Estimativa da fração da vegetação a partir de dados AVHRR/NOAA. In. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, Belém, Anais..., CDROM.

HA, K.; OH, H.; KIM, K. Inter – Annual and Intra – Annual Variabilities of NDVI, LAI and  $T_s$  Estimated by AVHRR in Korea. Korea Journal of Estimated by AVHRR in Korea. Korea Journal of Remote Sensing. 2, 111-119. 2001.

HUETE, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote Sensing of Environment. Vol. 25, p.295-309, 1988.

LIBERATO, A. M. Albedo à Superfície a partir de imagens Landsat 5 – tm em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. Revista de Geografia (UFPE). v. 28, No. 1, 2011.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Thematic Mapper bandpass solar exoatmospherical radiances. Int. J. of Remote Sensing 8(3): 517-523, 1987.

MELO, M. L. D. Efeito da vegetação em simulações numéricas com o modelo RAMS. Campina Grande, UFCG, 2003. 115p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – UFCG/ CCT/DCA, 2003.

SILVA, B., B.; LOPES, M. L.; AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5 – TM. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 13, n.2, p. 201-211, 2005.

SPIEGEL, M. R. Resumo de Teoria e Problemas de Estatística - Coleção Schaum. Livro Técnico – SA. Rio de Janeiro, 1968.

WILKS, S. D. Statistical methods in the atmospheric sciences. London, Academic Press. 464p. 1995.