

## **Análise da correlação entre valores de EVI em área de pastagem e variáveis climáticas - a importância do fator tempo**

Carlos Alexandre Damasceno Ribeiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Produção Vegetal. Rua Costa Azul. Nº 64. Ed Monserrat aptº 401. Itapoã. Vila Velha-ES. Brasil. alexandredamasceno@yahoo.com.br

Christovão Pereira Abrahão<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Engenheiro Florestal DSc. Rua Costa Azul. Nº 64. Ed Monserrat aptº 401. Itapoã. Vila Velha-ES. Brasil. christovao\_abrahao@hotmail.com

Alexandre Cândido Xavier<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Profº Adjunto, Deptº. de Engenharia Rural, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Caixa Postal 16 Alegre – ES. Brasil. xavier@cca.ufes.br

**Abstract:** The objective of this paper is to analyze the relationship between Enhanced Vegetation Index (EVI) from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) and climatological data. The study area was pasture located on the city of Sooretama, north of Espírito Santo State, Brazil. It was used 90 multi-temporal EVI images from March 2000 to March 2004. The climatological data were pluviometric precipitation (PP), photoperiod (FP), relative humidity (UR), air temperature (T). The time was important variable for available the lag of pasture on answered to climatic variable. Univariate and multivariate regression analysis was done to evaluate the relationship between the data. The EVI is capable to detect the variations in the pasture in reply to the climatic variable. In general, with the use of more climatological variable, one got bigger values for the R<sup>2</sup>. The result showed that pluviometric precipitation was better correlated to EVI, in a lag of the 6 days and relative humidity was the worst, in a lag of the 32 days, when analysis of univariate regression was applied. In the multivariate analysis the better result showed was used all variables climatological between EVI datas, in a lag of the 3 days however, resulted similar they had been presented only using 3 variable.

Palavras-chave: multitemporal images, lag, vegetation index, imagens multitemporais, defasagem temporal, índice de vegetação.

## 1. Introdução

As variações em uma população vegetal ocorrem, por vezes, sazonalmente em função de fatores abióticos. A dinâmica da vegetação, natural e agrícola, é uma variável importante nos modelos regionais e globais destinados ao entendimento da variabilidade interanual de ecossistemas terrestres, quando se estudam as trocas de carbono e interações biosfera-clima (Zhang et al., 2003).

Fatores climáticos, como temperaturas excessivamente altas ou baixas e precipitação deficiente, são significativas fontes de estresse abiótico (Larcher, 2000). Mudanças interanuais nas variáveis climáticas podem influenciar adversamente a produção de biomassa, alterando a taxa de acumulação de biomassa e o período e taxa de senescência (Lee et al., 2002). Para observação remota na estrutura e arquitetura da vegetação, bem como sua distribuição espacial e temporal, foram desenvolvidos índices de vegetação sensíveis a estas variações.

O EVI (*Enhanced Vegetation Index*) é o mais novo índice de vegetação destacado proposto. Este novo IV seria menos sensível às variações do solo e aos efeitos atmosféricos (Huete et al., 1997) sendo ainda mais sensível às variações na resposta estrutural do dossel, incluindo o índice de área foliar (IAF) (Huete et al., 2002). Imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), tem sido utilizadas para caracterização de mudanças fisiológicas e morfológicas temporais, fornecendo sobretudo dados úteis à modelagem numérica através dos índices de vegetação EVI e do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

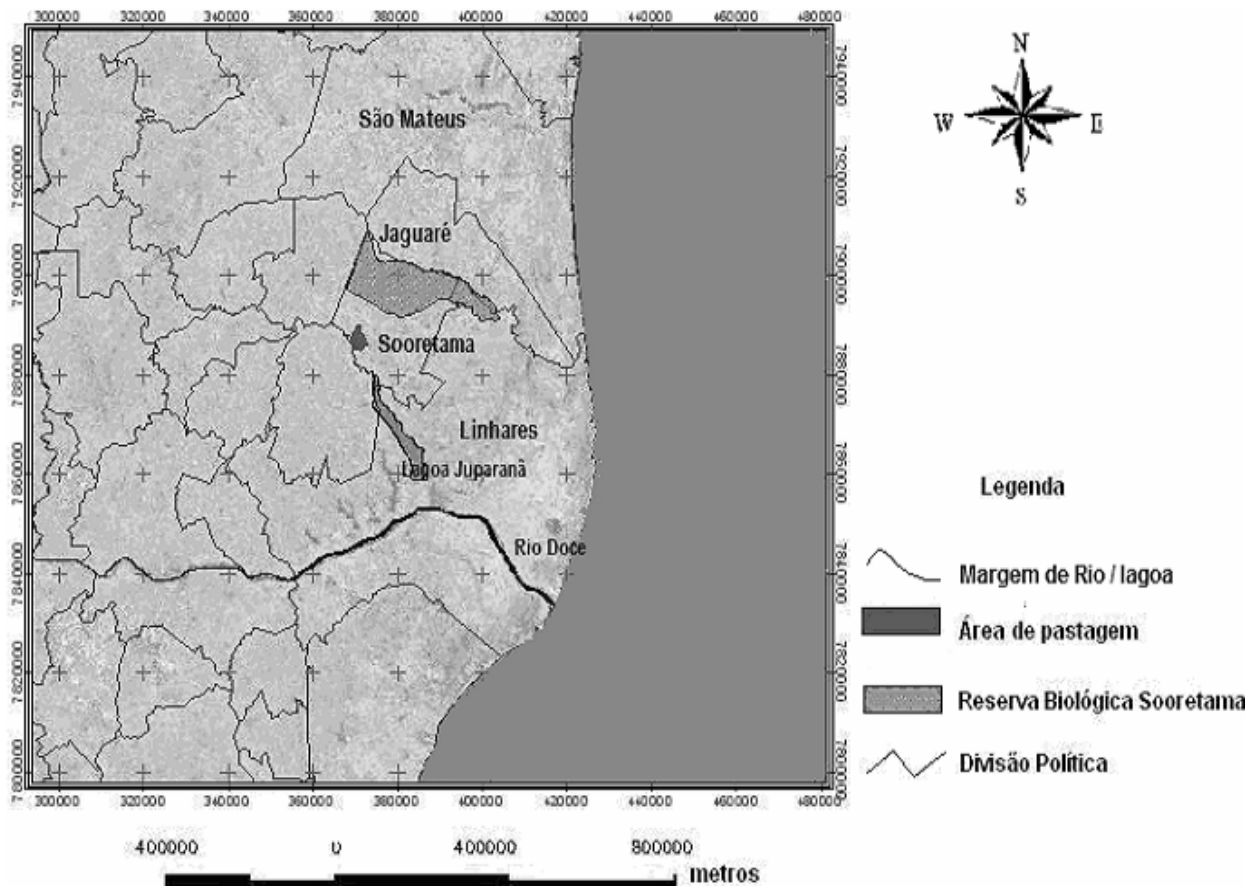
Considerando suas particularidades, o EVI, bem como o NDVI, é considerado um índice simples de monitoramento da vegetação e mantêm boa relação com o seu vigor e com sua produtividade, afirmativa corroborada por Chandrasekar (2006), em relação ao NDVI.

A vegetação necessita de certo período para responder às adversidades climáticas, isto é, há necessidade de que ocorra um intervalo de tempo entre a época chuvosa e um acúmulo de biomassa verde, perceptível aos sensores remotos, por exemplo.

Com base nas teses de que há forte relação entre clima e vegetação e de que há existência de boa relação entre EVI e vigor da vegetação, o objetivo do presente trabalho é verificar a existência de correlações entre variáveis climáticas e dados EVI, para ambiente de pastagem, segundo vários níveis de defasagem da resposta da vegetação às variáveis climáticas.

## 2. Metodologia

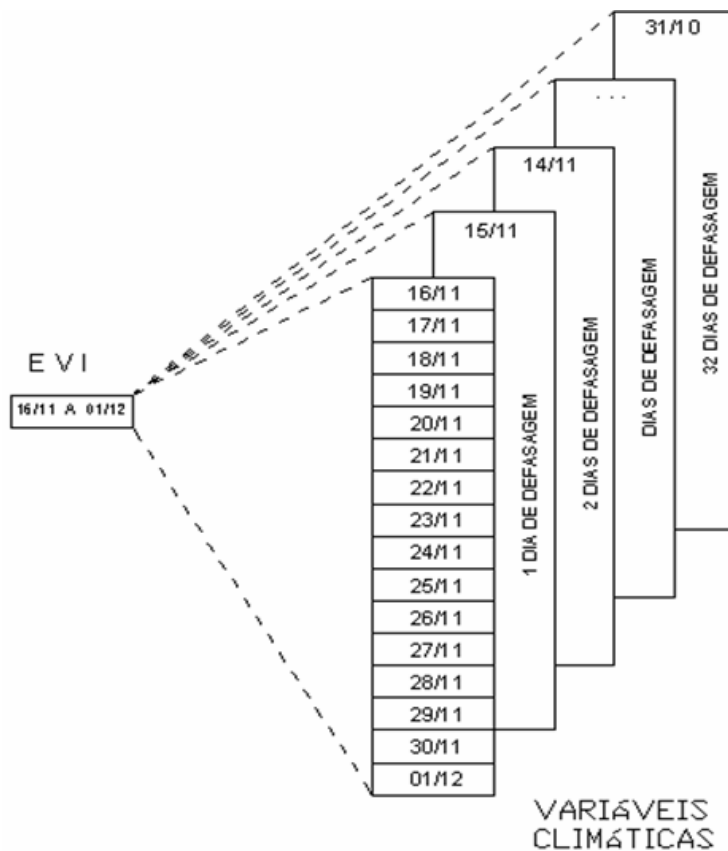
A área objeto de nossos estudos é uma superfície de tabuleiros costeiros compreendida entre os paralelos 18° 50'e 19°20'S e os meridianos 39° 50'e 40° 30" W Gr, localizada ao norte do estado do Espírito Santo no município de Sooretama (Figura 1), cuja superfície é predominantemente plana denominada comumente de tabuleiro costeiro. Clima classificado como AW por Köppen; tropical úmido, com inverno seco e chuvas concentradas no verão.



**Figura 1.** Localização da área de estudo.

As imagens EVI possuem resolução espacial de 250 metros, radiométrica de 8 bits e temporal de 16 dias. Utilizou-se imagens do “Banco de dados temporal de imagens EVI do MODIS para o Espírito Santo” (Ribeiro et al., 2006) para coleta do EVI no período de março de 2000 a março de 2004, totalizando 90 imagens. Foram utilizados dados climáticos da estação Sooretama (Lat.: 19,40S; Long.: 40,067W; Altitude: 28m), fornecidos pelo Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural, sejam eles: temperatura do ar (T), umidade relativa (UR), fotoperíodo (FP) e pluviosidade (PP).

Os dados multi-temporais EVI foram coletados a partir de 100 pontos amostrais distribuídos aleatoriamente dentro da área, utilizando-se os valores médios destes. Os dados climáticos foram agrupados de 16 em 16 dias, tomando-se dados médios destes, exceto para pluviosidade a qual utilizou-se o valor acumulado de 16 dias, de forma que todos sincronizassem com os dados EVI (Figura 2).



**Figura 2.** Defasagem temporal entre valores de EVI e variáveis climáticas.

Com intuito de se avaliar qual o período em que os dados climatológicos estavam mais correlacionados aos dados EVI, aplicou-se uma defasagem temporal entre os dados climatológicos e os dados EVI. Assim, os dados climatológicos eram recomputados considerando-se uma defasagem de 0 até 32 dias.

Através do método dos mínimos quadrados ordinários foram ajustados modelos lineares combinando-se as variáveis climáticas. Para se avaliar a correlação entre os dados EVI e os dados climatológicos foram utilizados os seguintes modelos:

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 + eX_4 \quad (1)$$

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 \quad (2)$$

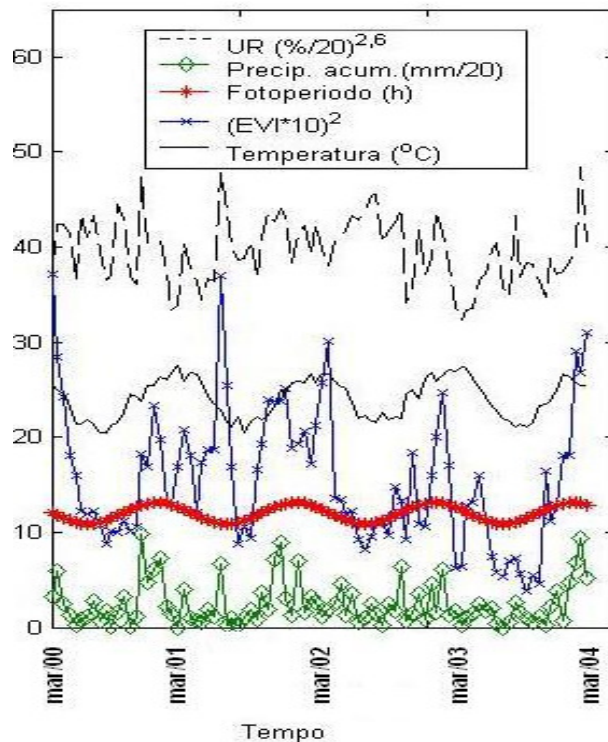
$$Y = a + bX_1 + cX_2 \quad (3)$$

$$Y = a + bX_1 \quad (4)$$

em que: Y é o EVI; e X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> e X<sub>4</sub> são as variáveis climáticas; e a, b, c, d e e são os parâmetros do modelo. Observa-se que para a Equação 1 existe uma possibilidade de associação dos dados EVI com os climatológicos, para a Equação 2 existem quatro possibilidades (EVI=f(T, UR, PP); EVI=f(T, UR, FP); EVI=f(T, PP, FP); e EVI=f(UR, PP, FP)); para a Equação 3, 6 possibilidades; e para equação 4, 4 possibilidades. Desta forma foram avaliados 15 modelos, considerando-se de 0 a 32 dias de defasagem em relação aos dados recomputados. Desta forma, o número total de regressões analisadas foi de 495 (15\*33). A avaliação dos modelos e variáveis foi feita com base nos valores de R<sup>2</sup>.

### 3. Resultados e discussão

Na Figura 3 (dados transformados para melhor visualização, conforme legenda) é possível observar que as variáveis climáticas estão temporalmente bem ajustadas apresentando picos máximos e mínimos relativamente sincronizados entre si, caracterizando assim uma sazonalidade climática para a região, apresentando inverno seco, durante os meses de junho, julho e agosto e chuvas concentradas durante o verão ao longo dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, conforme classificado por Köppen.



**Figura 3.** Séries temporais das variáveis climáticas e dados EVI.

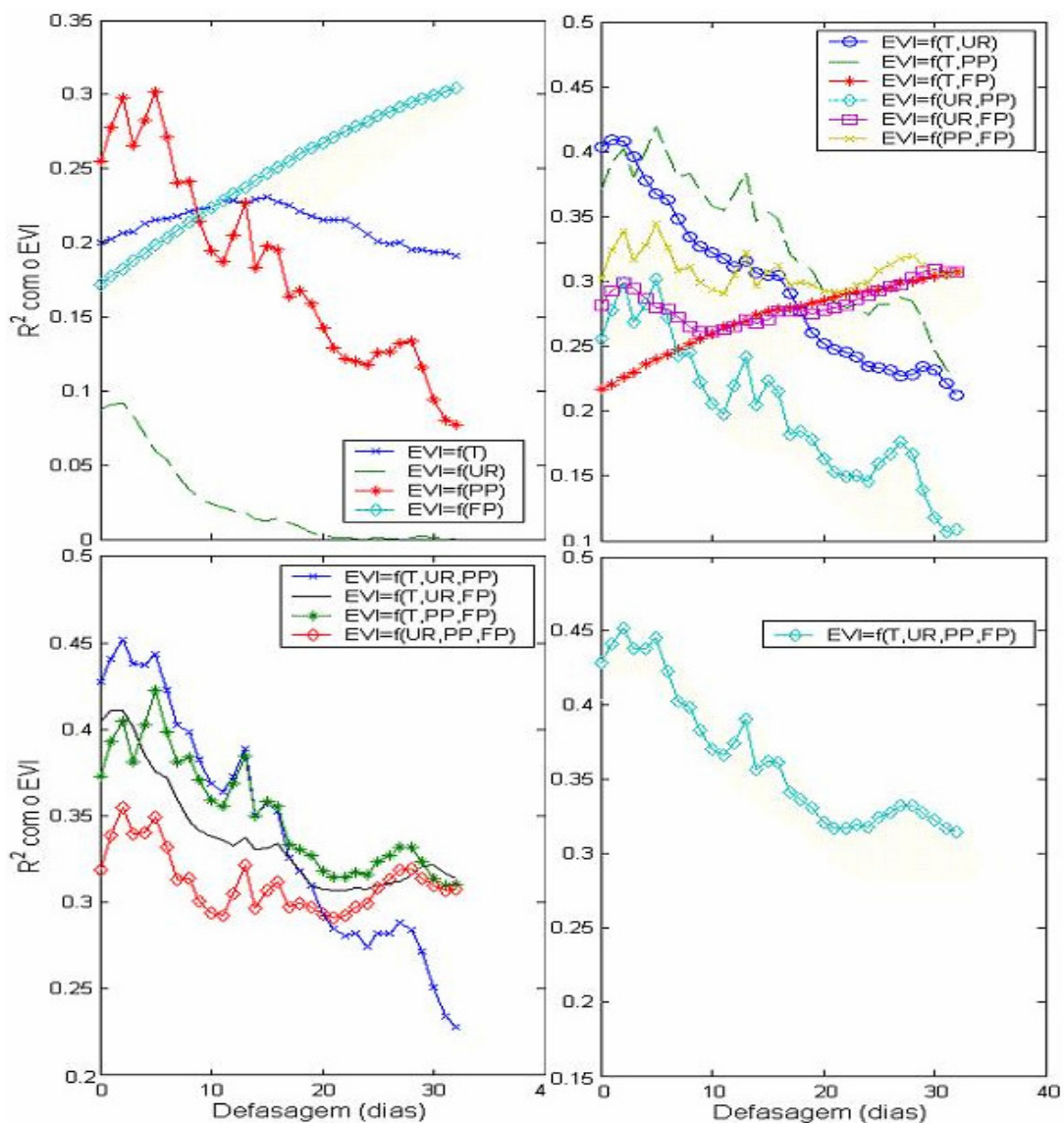
Na Figura 4 (a, b, c, d) são apresentados os valores de  $R^2$  com relação à defasagem, em dias, das variáveis climáticas, considerando as 15 possibilidades de combinação dos dados EVI com os dados climatológicos. Em geral, os maiores valores de  $R^2$  foram obtidos com poucos dias de defasagem, sendo que na medida em que se aumentou o número de dias de defasagem a correlação diminuiu, exceto para alguns modelos que incluíram o FP (as exceções foram para as relações  $EVI=f(FP)$ ,  $EVI=f(UR, FP)$  e  $EVI=f(T, FP)$ ).

Quando se analisa a relação do EVI em função de apenas uma variável independente, verificou-se que a maior correlação ocorreu com a variável FP, aos 32 dias de defasagem, atingindo  $R^2$  de 0,30. A variável independente que se mostrou menos associada aos dados de EVI foi UR com o maior  $R^2$  de 0,09 (terceiro dia de defasagem) (Figura 4a).

As duas melhores variáveis utilizadas em conjunto em um modelo para se estimar o EVI foram a T e PP, com  $R^2$  de 0,43 (aos seis dias de defasagem) (Figura 4b). A introdução da variável climática FP para o modelo  $EVI=f(T, PP)$  (Figura 4b) mostrou-se de pouco valor em relação às outras variáveis envolvidas, pois não aumentou o valor de  $R^2$  bem como não alterou o

perfil da curva. Estes resultados demonstram que a utilização das duas variáveis independentes T e PP proporcionou estimativas de EVI semelhantes àquela encontrada utilizando-se todas as quatro variáveis independentes simultaneamente. O mesmo constatou-se para o modelo  $EVI=f(T, UR, PP, FP)$  (Figura 4d), quando comparado ao modelo  $EVI=f(T, UR, PP)$  (Figura 4c) em ambos o  $R^2$  foi de 0,45 aos 3 dias de defasagem.

Contudo a suposição de que a variável FP pode não ser considerada, em alguns modelos, deve ser estudada com mais atenção, sobretudo em estudos futuros, pois esta varia de forma contínua e uniforme, o que pode estar relacionado, por exemplo, à sincronização das fenofases na pastagem. Isto pode explicar uma melhor correlação com mais dias de defasagem encontrada para os modelos que incluíram o FP.



**Figura 4.** Evolução do  $R^2$  em relação às 33 defasagens temporais para os 15 modelos em estudo.

#### 4. Conclusões

Através da característica das séries temporais, para as variáveis climáticas em estudo, constatou-se que há de fato sazonalidade climática na região. Neste trabalho pode se constatar a importância de se considerar a defasagem temporal entre variáveis climáticas e o vigor da vegetação (caracterizado neste estudo de forma remota pelo EVI). O EVI é capaz de detectar as variações na pastagem em resposta às variações climatológicas, de forma mais ou menos acentuada em função da defasagem temporal.

Em geral, com o uso de mais variáveis climáticas, obteve-se maiores valores para o  $R^2$ . As variáveis consideradas nesse estudo são importantes para o entendimento parcial desta relação temporal entre pastagem e variáveis climáticas, contudo outras características podem ser consideradas, sobretudo o solo e sua umidade, na busca de um melhor entendimento.

Constatou-se média correlação ( $R^2$  de até 0,45) entre os dados EVI e as variáveis climáticas T, PP e FP (e algumas de suas combinações), o mesmo não ocorrendo com a UR que apresentou baixa correlação.

#### 5. Referências

Zhang, X.; Friedl, M.A.; Schaaf, C.B.; Strahler, A.H.; Hodges, J.C.F.; Gao, F.; Reed, B.C.; Huete, A. Monitoring vegetation phenology using MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 84, p. 471-475, 2003.

Larcher, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Editora Rima, 2000. 539p.

Lee, R.; Yu, F.; Price, K.P. Evaluating vegetation phenological patterns in inner mongolia using NDVI time-series analysis. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 12, p. 2505-2512, 2002.

Huete, A. R., Liu, H. Q., Batchily, K., and Van Leeuwen, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**. v. 59, p. 440-451, 1997

Huete, A. et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, 2002

Chandrasekar, k.; Sessa Sai, M. V. R.; Jeyaseelan, A. T.; Dwivedi R. S.; Roy P. S. Vegetation response to rainfall as monitored by NOAA-AVHRR. **Current Science**. v. 91, Nº. 12, 25 december 2006.

Ribeiro, C. A. R.; Paiva, Y. G.; Ferreira, D.S.; Xavier, A.C.; Banco de dados temporal de imagens EVI do MODIS para o Espírito Santo. [cd-rom] in : X INIC. encontro latino americano de iniciação científica. **Anais**. São José Dos Campos, Sp: UNIVAP, 2006.