

COMPORTAMENTO SAZONAL DO ÍNDICE ESPECTRAL EVI2 DO SENSOR ORBITAL MODIS PARA O MONITORAMENTO DE ÁREAS CAFEEIRAS DO SUL DE MINAS GERAIS

**MARGARETE MARIN LORDELO VOLPATO¹, HELENA MARIA RAMOS ALVES²,
TATIANA GROSSI CHQUILOFF VIEIRA³**

¹ Pesq. Doutora, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, (35)3829-1190, margarete@epamig.ufla.br

² Pesq. Ph.D., Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Café, (35)3829-1751, helena.alves@embrapa.br

³ Pesq. M. Sc., Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, (35)3829-1190, tatiana@epamig.ufla.br

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: Os monitoramentos e caracterização de ambientes agrícolas, empregando-se sensores orbitais, ainda são pouco explorados pelo setor produtivo no Brasil. Entretanto, o índice de vegetação espectral orbital pode ser muito útil para se conhecer a biomassa, o vigor vegetativo e as condições hídricas da agricultura. O objetivo do trabalho é conhecer o comportamento do índice de vegetação espectral EVI2 em diferentes áreas cafeeiras do sul de Minas e criar um banco de dados espectrais visando o monitoramento desses ambientes. Os valores de EVI2 foram disponibilizados pelos LAF-INPE e a valores de precipitação mensal pelo AGRITEMPO-MAPA. Foram selecionadas áreas cafeeiras próximas às estações meteorológicas representativas da cafeicultura da região sul de Minas Gerais. O período de estudo foi de 2002 a 2012. Verificou-se correlação entre o EVI2 e precipitação mensal. Existe um atraso no tempo de resposta do EVI2 após ocorrência da precipitação mensal. Áreas cafeeiras localizadas no município Carmo de Minas apresentam valores EVI2 mais elevados que áreas de Lavras e Machado. O estudo demonstrou o potencial do produto EVI2 do sensor MODIS para o monitoramento e caracterização de áreas cafeeiras.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto, Caracterização Ambiental, Cafeicultura.

SPECTRAL INDEX EVI2 OF THE MODIS IN MONITORING COFFEE AREAS IN THE SOUTH OF MINAS GERAIS

ABSTRACT: The monitoring and characterization of agricultural environments, using satellite sensors, are little explored by the productive sector in Brazil. However, the indice vegetation spectral can its very useful to know the biomass, vegetative vigor and hidric conditions of agriculture . The objective of this study is to understand the behavior of spectral vegetation index - EVI2 in different coffee areas in southern Minas Gerais and create a database of spectral data targeting the monitoring of these environments . The values of EVI2 were provided by LAF-INPE and values of monthly precipitation by Agritempo - MAPA . Meteorological stations next to the coffee culture were selected . The study period was from 2002 to 2012 . There was a correlation between EVI2 and monthly precipitation. There is time delay reply of between values EVI2 and monthly precipitation. Coffee areas located in Carmo de Minas have higher EVI2 values that areas Lavras and Machado . The study demonstrated the potential of the EVI2 product of MODIS sensor for monitoring and characterizing areas of coffee.

KEYWORDS: Remote Sensing, Environmental Characterization, Coffee Culture

INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade de grande importância para o cenário internacional e contribui, em larga escala, para a geração de emprego e de divisas no Brasil, constituindo um grande fornecedor de receitas cambiais. Os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Paraná são os maiores produtores de café no Brasil, sendo Minas Gerais o maior produtor de café arábica. Em Minas Gerais a cafeicultura cresceu, principalmente depois da década de 1970, quando intempéries climáticas prejudicaram as lavouras paulista e paranaense, direcionando ainda mais a produção de café para este estado. Atualmente, a cafeicultura é o principal produto da agropecuária mineira, tendo grande importância no cenário econômico, político e social do Estado, sendo grande geradora de empregos diretos e indiretos, fixando o homem ao campo e evitando o êxodo rural. O sucesso no cultivo do café depende do monitoramento das condições climáticas durante todo o desenvolvimento da planta. Convencionalmente, esse monitoramento tem sido realizado em campo utilizando-se dados de estações meteorológicas e visitas à lavoura para observar seu desenvolvimento. Contudo, estudos mais recentes utilizam imagens de satélite que permitem avaliar grandes áreas a custos menores. O sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) do satélite Terra oferece gratuitamente imagens com alta resolução temporal e produtos voltados especialmente para a vegetação. O MODIS é um dos cinco instrumentos a bordo do satélite TERRA e foi projetado para atender os requerimentos de três campos de estudos diferentes: atmosfera, oceano e terra, com bandas de resolução espectral e espacial selecionadas para o conhecimento de diferentes necessidades observacionais e para oferecer uma cobertura global quase diariamente (JUSTICE et al., 2002). As imagens MODIS são transferidas para estações terrestres, onde são processadas em diferentes produtos de imagem, divididos em cinco níveis (0 a 4), que variam em função do grau de processamento realizado. Esses produtos são distribuídos gratuitamente via internet. Os produtos MODIS relacionados ao estudo da vegetação são: o MOD13 (Índices de vegetação), MOD15 (Área foliar) e o MOD17 (produção fotossintética). O produto MOD 13 possui dois índices de vegetação, o índice da diferença normalizada (NDVI) e o índice de vegetação melhorado (EVI), que são produzidos globalmente com 1000, 500 m de resolução e composições no período de 16 dias. O índice de vegetação é uma técnica de realce da vegetação, por meio de operações matemáticas simples, usada no processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, com o propósito de analisar diferentes bandas espectrais de uma mesma cena, simultaneamente (HILL; DONALD, 2003). Os índices de vegetação espectral são sensíveis à presença de clorofilas e outros pigmentos da vegetação responsáveis pela absorção da radiação solar na banda do vermelho e tem sido utilizado basicamente para estimar biomassa e mudanças no desenvolvimento das comunidades vegetais (FENSHOLT et al., 2006; TUCKER et al., 2005). LIU et al. (2012) afirmam que a variação anual dos índices de vegetação obtidos por sensores orbitais, podem ser um bons indicadores do estresse da vegetação causado pelas alterações climáticas regionais. VOLPATO et al. (2013) verificaram que o produto MOD13 apresentou potencial para auxiliar no monitoramento do déficit hídrico em áreas cafeeiras. O objetivo do trabalho é conhecer o comportamento do índice de vegetação espectral EVI2 em diferentes áreas cafeeiras do sul de Minas e criar um banco de dados espectrais visando o monitoramento desses ambientes. O EVI foi desenvolvido para otimizar o sinal da vegetação, com melhoria na sensibilidade em condições de elevada biomassa, o que reduz as influências do sinal de fundo do dossel e da atmosfera (JUSTICE et al., 2002). Já o EVI 2, proposto por JIANG et al. (2008), retira a banda espectral na faixa do azul, minimizando, assim, distorções causadas pela atmosfera, já que essa banda é a mais

sensível a essas variações, teoricamente melhorando os resultados fornecidos pelo EVI.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos municípios de Carmo de Minas, Lavras e Machado localizados no estado de Minas Gerais, Brasil. Foram selecionadas áreas cafeeiras inseridas em um raio de 10 km das estações meteorológicas existentes nesses municípios. Os dados meteorológicos dessas estações foram coletados no portal AgriTempo/MAPA (<http://www.agritempo.gov.br>), disponibilizados gratuitamente. O mapeamento destas áreas foi realizado por meio da interpretação visual de uma imagem Google Earth e visitas à campo com auxílio de um GPS de navegação, onde foram selecionadas áreas maiores que 10 ha. Esta escolha teve como base a baixa resolução espacial do produto MOD13 do sensor MODIS, com resolução 250 m, ou seja, um pixel da imagem equivale a 6,25 ha. Para cada imagem do sensor MODIS, foram adquiridos valores do EVI2 de 10 pixels por município estudado. As imagens do EVI-2 já estavam processadas conforme (FREITAS et al., 2011), com 250 m de resolução espacial e 16 dias de resolução temporal. Os dados das imagens são disponibilizados gratuitamente pelo laboratório virtual do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) ([<http://www.dsr.inpe.br/laf/series/>](http://www.dsr.inpe.br/laf/series/)). A visualização do portal O LAF disponibiliza neste portal uma ferramenta para a visualização instantânea das séries temporais derivadas de imagens de sensoriamento remoto. Esta ferramenta foi desenvolvida dentro do conceito de um Laboratório Virtual de Sensoriamento Remoto (FREITAS et al., 2011) para dar suporte a estudos e análises de mudança de uso e cobertura da terra. A figura 1 ilustra a coleta de valores do EVI2 utilizando o portal LAF-INPE. Todos os dados adquiridos neste portal foram produzidos utilizando-se como base dados distribuídos gratuitamente pela NASA ((Distributed Active Archive Center – DAAC). O cálculo do índice de vegetação espectral EVI2 foi desenvolvido para aperfeiçoar o sinal da vegetação, melhorando a sensibilidade em regiões com maiores densidades de biomassa, além do monitoramento da vegetação através de uma ligação do sinal de fundo do dossel e a redução das influências atmosféricas (FREITAS et al., 2011). O EVI-2 é calculado da seguinte forma:

$$\text{EVI2} = 2.5 * (\text{NIR} - \text{Red}) / ((\text{NIR} + 2.4) * (\text{Red} + 1)) \quad (1)$$

Onde: NIR é a refletância da superfície na faixa do infravermelho próximo (800-1100 nm) e o Red (600-700 nm) é a refletância da superfície na faixa do vermelho. Valores do EVI2 mais próximos de 1 indicam maior vigor vegetativo (FREITAS et al., 2011). Foi criado um banco de dados geográfico com todas as informações coletadas e georreferenciadas, com o intuito de se armazenar corretamente informações espectrais das áreas de café e os dados de precipitação mensal. No total foram analisadas 132 imagens EVI2 e 3960 pixels, no período de 2002 a 2012. Foram calculados valores de EVI2 médios mensais por município, visando analisar como as variáveis espectrais mensais, precipitação mensal e precipitação mensal do mês anterior à imagem EVI2, se relacionavam, foram realizadas correlações de Pearson, com o intuito de estimar a intensidade da associação entre as variáveis.

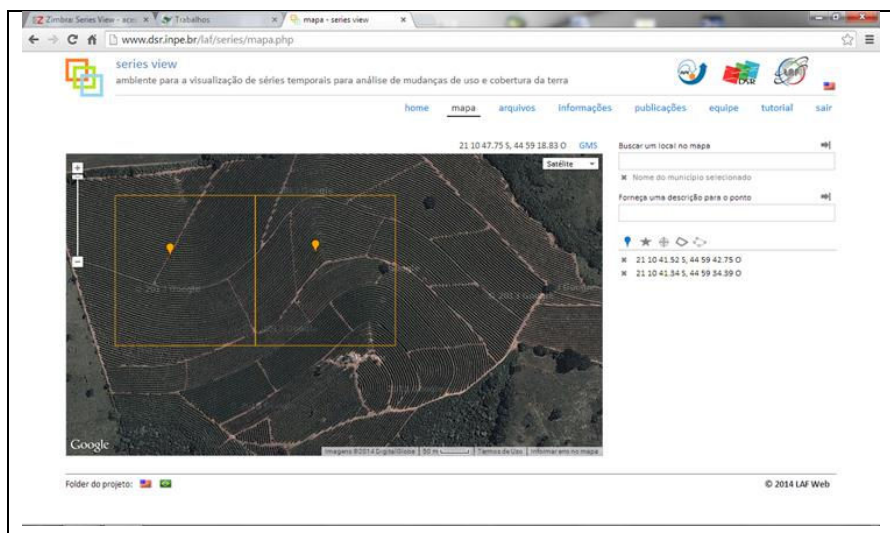


FIGURA 1. Ilustração da coleta de valores do EVI2 utilizando o portal LAF-INPE, em áreas de café selecionadas no município de Lavras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 apresenta parte do banco de dados gerado para se conhecer o comportamento espectral de áreas cafeeiras no sul de Minas.

Data	EVI2 med Lvs	EVI2 med de Mch	EVI2 med de CM	prec CM (mm)	prec Mch (mm)	prec Lvs (mm)
jan/02	0,5023	0,6110	0,6073	255	169	74
fev/02	0,5094	0,6229	0,6456	218	325	368
mar/02	0,4711	0,5688	0,6410	93	181	122
abr/02	0,4071	0,4938	0,5788	31	8	0
mai/02	0,3393	0,4158	0,4893	58	42	17
jun/02	0,2944	0,3552	0,4423	0	0	0
jul/02	0,2698	0,3194	0,4363	3	7	15

FIGURA 2. Parte do banco de dados gerado para se conhecer o comportamento espectral de áreas cafeeiras no sul de Minas e sua relação com a precipitação. EVI2 med = valor médio de 10 amostras; Lvs = Lavras; Mch = Machado; CM = Carmo de Minas; prec = precipitação em mm.

A figura 3 apresenta o comportamento do índice de vegetação espectral EVI2 médio mensal em diferentes áreas cafeeiras do sul de Minas, no período de 2002 a 2012. Observa-se que áreas cafeeiras localizadas no município Carmo de Minas apresentam valores EVI2 mais elevados que áreas de Lavras e Machado. Carmo de Minas localiza-se na região da Serra da Mantiqueira e caracteriza-se por temperaturas mais amenas e precipitação mais regular quando comparados aos demais municípios avaliados, propiciando maior vigor vegetativo das lavouras mapeadas. Valores do EVI2 mais próximos de 1, indicam maior vigor vegetativo (FREITAS et al., 2011).

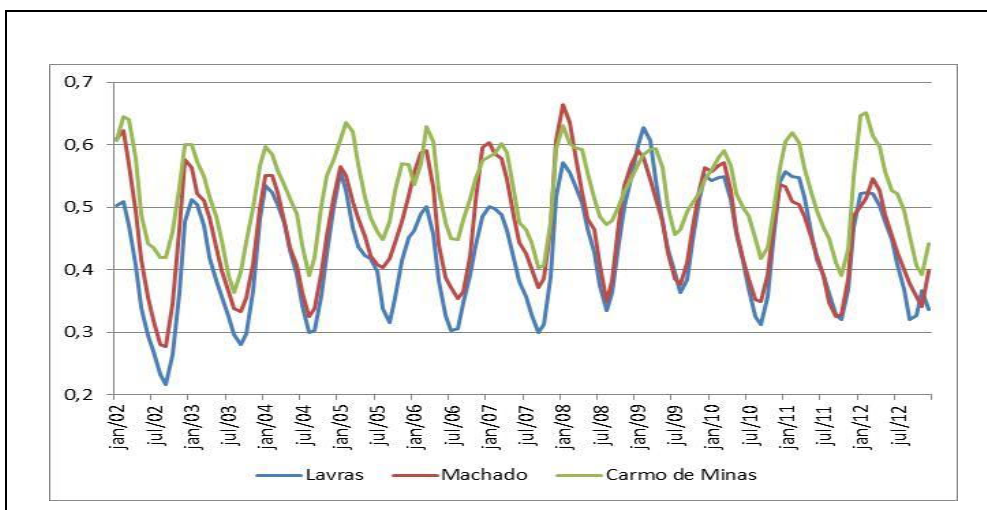
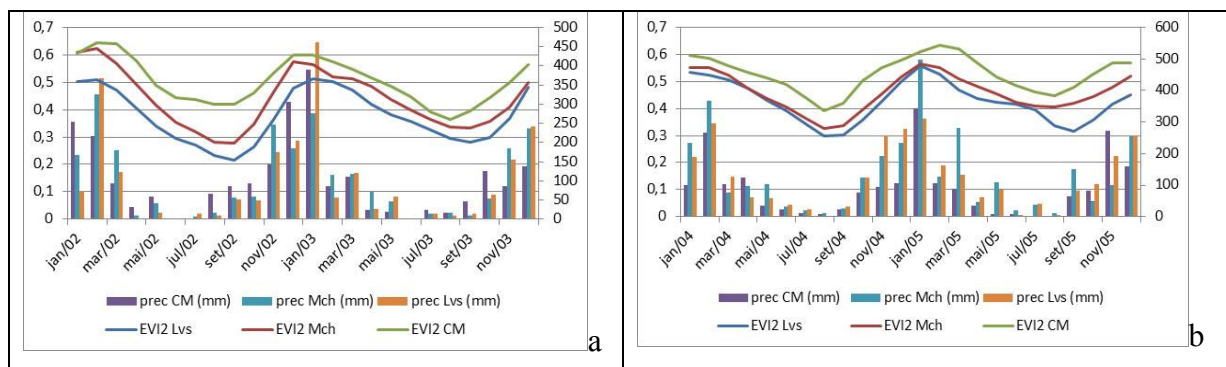


FIGURA 3. Comportamento espectral do EVI2 em áreas cafeeiras de Carmo de Minas, Lavras e Machado.

As figuras 4a, 4b, 4c, 4d, 4e e 4f apresentam a variação da precipitação mensal e do EVI2 médio para os períodos de 2002-2003, 2004-2005, 2006-2007, 2008-2009, 2010-2011 e 2012, respectivamente, em áreas cafeeiras de municípios do sul de Minas. Observa-se que o comportamento dos valores de EVI2 está relacionado à precipitação, quando a precipitação é interrompida, no período da seca, os valores de EVI2 decresce lentamente, em consequência da redução o índice de área foliar causado pela queda de folhas dos cafeeiros, em decorrente da época de colheita (maio a setembro) e também pelo menor vigor vegetativo decorrente do déficit hídrico. Observa-se que para o período de seca, os anos de 2002-2003 apresentaram menores valores de EVI2, quando comparados aos outros períodos estudados. Após o início da precipitação os valores de EVI2 começam a aumentar mostrando um atraso no tempo de resposta do EVI2 após ocorrência da precipitação mensal. Os maiores valores de EVI2 ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro. Valores de maiores vigores vegetativos foram observados nos anos de 2008, 2009 e 2012. Portanto, a variação temporal do índice de vegetação espectral está diretamente relacionada com as condições hídrica das áreas estudadas, como também observado por trabalhos de LUI et al. (2012) e VOLPATO et al. (2013).



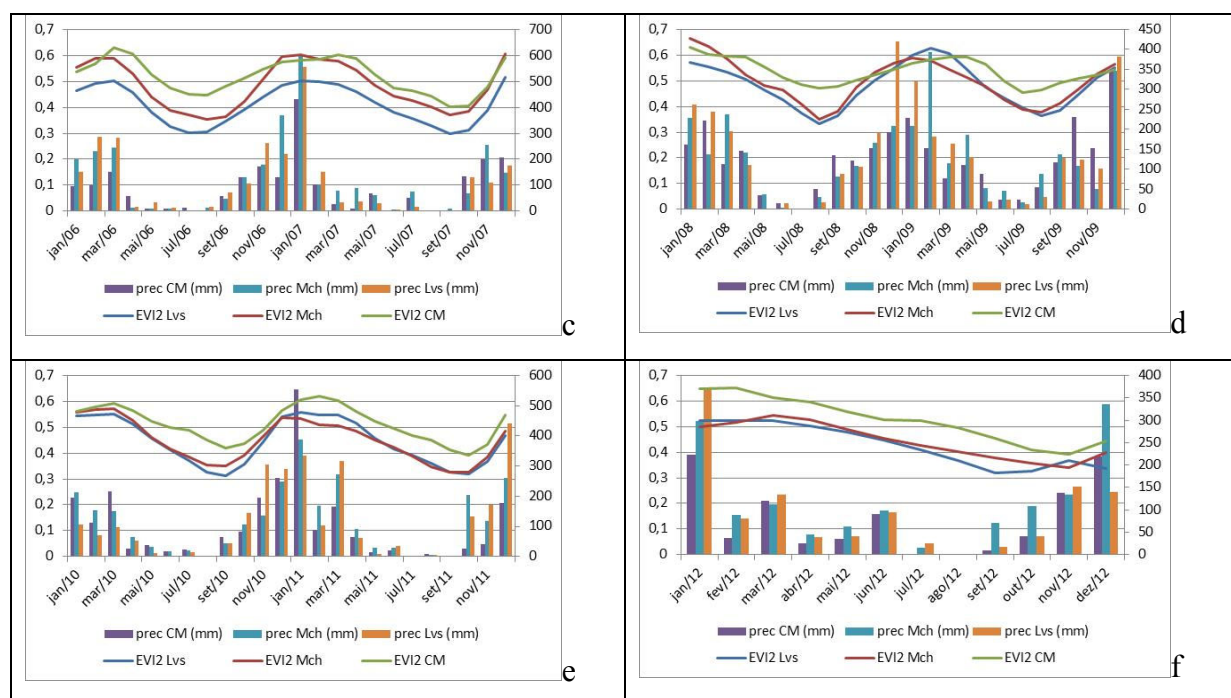


FIGURA 4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f. Variação da precipitação mensal (prec) em mm e do EVI2 médio para os períodos de 2002-2003, 2004-2005, 2006-2007, 2008-2009, 2010-2011 e 2012. CM (Carmo de Minas), Lvs (Lavras), Mch (Machado).

Após análise da dinâmica temporal das variáveis foram realizadas correlações de Pearson. A tabela 1 apresenta os valores dos coeficientes de correlação de Pearson para análise da relação entre EVI2 e variáveis precipitação mensal e precipitação mensal do mês anterior à data da imagem, para os anos de 2002 a 2012, por município. Observa-se fraca correlação entre o EVI2 e a precipitação mensal. O oposto foi verificado entre o EVI2 e a precipitação mensal do mês anterior à data da imagem, demonstrando o atraso no tempo de resposta do EVI2 após ocorrência da precipitação. Possivelmente, isso ocorreu, pois fatores como conteúdo de clorofila e taxa de crescimento da planta são desencadeados pela acumulação das condições do clima de alguns dias ou semanas anteriores (LIU et al., 2012). Tal comportamento também foi observado por outros autores (MÉNDEZ-BARROSO et al., 2009; SCHNUR et al., 2010). Ressalta-se que a significativa correlação encontrada entre a precipitação e vigor vegetativo espectral, demonstra o potencial de se utilizar dados provenientes de sensoriamento remoto para verificar as condições hídricas das plantas, em escala de manejo ou cultivo, trazendo oportunidades de aplicações práticas como monitoramento das condições hídricas das lavouras e sua resposta a eventos climáticos extremos.

TABELA 1. Valores dos coeficientes de correlação de Pearson (R), em porcentagem, para análise da relação entre EVI2 e variáveis precipitação mensal (Prec) e precipitação mensal do mês anterior a data da imagem (PrecA), para os anos de 2002 a 2012. *Significativo a 5%, n=132.

Municípios	Variáveis	R (%)	Variáveis	R (%)
Carmo de Minas	Prec x EVI2	48,3*	PrecA x EVI2	66,0*
Lavras	Prec x EVI2	57,4*	PrecA x EVI2	71,9*

Machado	Prec x EVI2	61,5*	PrecA x EVI2	70,9*
---------	-------------	-------	--------------	-------

CONCLUSÕES

As séries temporais de EVI2 podem ser utilizadas para caracterizar a dinâmica do desenvolvimento de cafeeiros no sul de Minas. O EVI2 apresenta comportamento sazonal bem definido, com período de maior vigor vegetativo nas estações chuvosas e decréscimo durante estações seca. As séries temporais de índices de vegetação espectral tem um grande potencial para verificar as condições hídricas das plantas trazendo oportunidades de aplicações práticas de manejo de lavouras cafeeiras no sul de Minas Gerais.

AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café (CBP&D Café) pelo apoio financeiro para execução do trabalho e à Fundação de Amparo e Pesquisa do estado de Minas Gerais (Fapemig) pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

FENSHOLT, R.; NIELSEN, T. T.; STISEN, S. Evaluation of AVHRR PAL and GIMMS 10-day composite NDVI time series products using SPOT-4 vegetation data for the African continent. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 27, p. 2719-2733, 2006.

FREITAS, R. M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; SOUZA, A. F.; SATO, F. Y.; SHIMABUKURO, Y. E.; ROSA, R. R.; ANDERSON, L. O.; RUDORFF, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**. New York, v.2, n.1, p. 57-68, 2011.

HILL, M. J.; DONALD, G. E. Estimating spatiotemporal patterns of agricultural productivity in fragmented landscapes using AVHRR NDVI time series. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 84, p. 367-384, 2003.

JIANG, Z., HUETE, A. R., DIDAN, K., MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.112, p. 3833–3845, 2008.

JUSTICE, C.O.; GIGLIO, B.; KORONTZI, S.; OWENS, J.; MORISETTE, J.T.; ROY, D.P.; DESCLOITRES, J.; ALLEAUME, S.; PETITCOLIN, F.; KAUFMAN, Y. The MODIS fire products. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 83, p. 244-26, 2002.

LIU, S., ROBERTS, D. A., CHADWICK, O. A., STILL, C. J. Spectral responses to plant available soil moisture in a Californian grassland. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 19, p. 31-44, 2012.

MÉNDEZ-BARROSO, L. A., VIVONI, E. R., WATTS, C. J., RODRÍGUEZ, J. C. Seasonal and interannual relations between precipitation, surface soil moisture and vegetation dynamics in the North American monsoon region. **Journal of Hydrology**, v. 377, p. 59-70, 2009.

SCHNUR, M. T., XIE, H., WANG, X. Estimating root zone soil moisture at distant sites using MODIS NDVI and EVI in a semi-arid region of southwestern USA. **Ecological Informatics**, v. 5, n. 5, p. 400-409, 2010.

TUCKER, C. J. et al. An extended AVHRR 8-km NDVI Data Set Compatible with MODIS and SPOT Vegetation NDVI Data. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 26, p. 4485-4498, 2005.

VOLPATO, M. M. L.; VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H.R. ; SANTOS, W.J.R. Imagens do sensor MODIS para monitoramento agrometeorológico de áreas cafeeiras. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 176-182, abr./jun. 2013.