

## DETERMINAÇÃO DE ESTIAGEM EM ÁREAS CAFEEIRAS NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO, MG, UTILIZANDO IMAGENS MODIS/TERRA

Margarete Marin Lordelo Volpato<sup>2</sup>, Tatiana Grossi Chquiloff Vieira<sup>3</sup>, Helena Maria Ramos Alves<sup>4</sup>, Vanessa Cristina de Oliveira Souza<sup>5</sup>, Elza Jacqueline Leite Meireles<sup>6</sup>, Walbert Júnior Reis dos Santos<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café e com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG)

<sup>2</sup>Pesquisadora, D. Sc., EPAMIG, Bolsista FAPEMIG, Lavras-MG, margarete@epamig.ufla.br

<sup>3</sup>Pesquisadora, M. Sc., EPAMIG, Bolsista FAPEMIG, Lavras-MG, tatiana@epamig.ufla.br

<sup>4</sup>Pesquisadora, D. Sc., EMBRAPA CAFÉ, Lavras-MG, helena@epamig.ufla.br

<sup>5</sup>Bolsista, EMBRAPA CAFÉ - CBP&D/CAFÉ, Lavras-MG, vanessa@epamig.ufla.br

<sup>6</sup>Pesquisadora, D. Sc., EMBRAPA CAFÉ, Brasília-MG, jacqueline.meireles@embrapa.br

<sup>7</sup>Estudante do curso de Agronomia, UFLA, Bolsista FAPEMIG, Lavras-MG, walbert\_santos@yahoo.com.br

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de variáveis meteorológicas no vigor vegetativo de cafeeiros visando a desenvolver modelos de monitoramento de estiagem agrícola. A área de estudo localiza-se no município de Patrocínio, região do Alto Paranaíba do Estado de Minas Gerais. Utilizou-se o EVI do produto MOD13Q1 oriundo imagens MODIS. Os modelos estatísticos baseados em dados EVI e dias sem chuvas maiores que 10 e 20 mm mostraram significativos coeficientes de determinação. Os resultados observados podem melhorar modelos agrometeorológicos espectrais de monitoramento de áreas cafeeiras da região estudada.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, agrometeorologia, produto MOD13Q1, EVI

## IMAGES MODIS/TERRA FOR THE ASSESSMENT OF DROUGHT IN COFFEE GROWING AREAS OF PATROCÍNIO, STATE OF MINAS GERAIS

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the influence of meteorological variables in the vegetative vigor of coffee plantations to develop models for monitoring drought in agricultural coffee lands. The study region is located in the municipality of Patrocínio, Alto Paranaíba region of the state of Minas Gerais in Brazil. EVI data obtained from MOD13Q1 products of MODIS images were used. The results demonstrated that statistical models based on EVI data and days without rains of more than 10 and 20 mm, showed significant coefficients of determination. The models developed in this study can improve agrometeorological spectral models that could be used to monitor the coffee lands of the region.

**Key words:** remote sensing, agrometeorology, product MOD13Q1, EVI

### INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade relevante para o Brasil e Minas Gerais o maior produtor mundial, seu monitoramento tem sido realizado convencionalmente com inspeções de campo, porém, estudos mais recentes já utilizam imagens de satélite. Estas imagens permitem monitorar frequentemente, grandes áreas a custos menores.

Neste sentido, as imagens oriundas do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo dos satélites Terra e Aqua, oferecem alta resolução temporal que favorece o monitoramento das culturas agrícolas com maior frequência de observação. Dentre os produtos gerados a partir dos dados coletados por este sensor encontrar-se o índice de vegetação EVI (Enhanced Vegetation Index) contido no produto MOD13Q1, voltado especialmente para vegetação, fornecido a cada 16 dias, georreferenciado e corrigido para os efeitos atmosféricos, com resolução espacial de 250 x 250 m.

O índice de vegetação é uma técnica de realce da vegetação, por meio de operações matemáticas simples usadas em processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, no sentido de analisar diferentes bandas espectrais, simultaneamente, de uma mesma cena (Crósta, 1992). O índice de vegetação mais utilizado na literatura tem sido o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) que indica presença/concentração de clorofila na vegetação. Outro índice menos utilizado é o EVI (Enhanced Vegetation Index) mais indicado para estudos da variação na estrutura do dossel e área foliar.

De acordo com Latorre et al. (2007) o índice EVI foi desenvolvido para otimizar o sinal de resposta da vegetação, proporcionar monitoramento da vegetação e reduzir os efeitos atmosféricos nas análises espectrais.

Rosa (2007) a fim de obter a caracterização espectral da cultura do café, avaliou o comportamento do índice de vegetação EVI oriundo do produto MOD13Q1 para lavouras cafeeiras e observou relação do EVI com a fenologia e o manejo da cultura.

Assad et al. (1988) estudaram a correlação entre dados de imagens de satélite e dados pluviométricos e observaram que a pluviometria é um dos fatores mais limitantes do desenvolvimento da vegetação na região do cerrado.

Segundo Matiello (2002) as variáveis meteorológicas que mais influenciam no processo de produção de cafeeiros são: temperatura do ar e precipitação e em menor escala ventos, umidade do ar e radiação solar. E que a quantidade e a distribuição de chuvas devem ser monitoradas para que se conheça o desenvolvimento e a produtividade dos cafeeiros com antecedência.

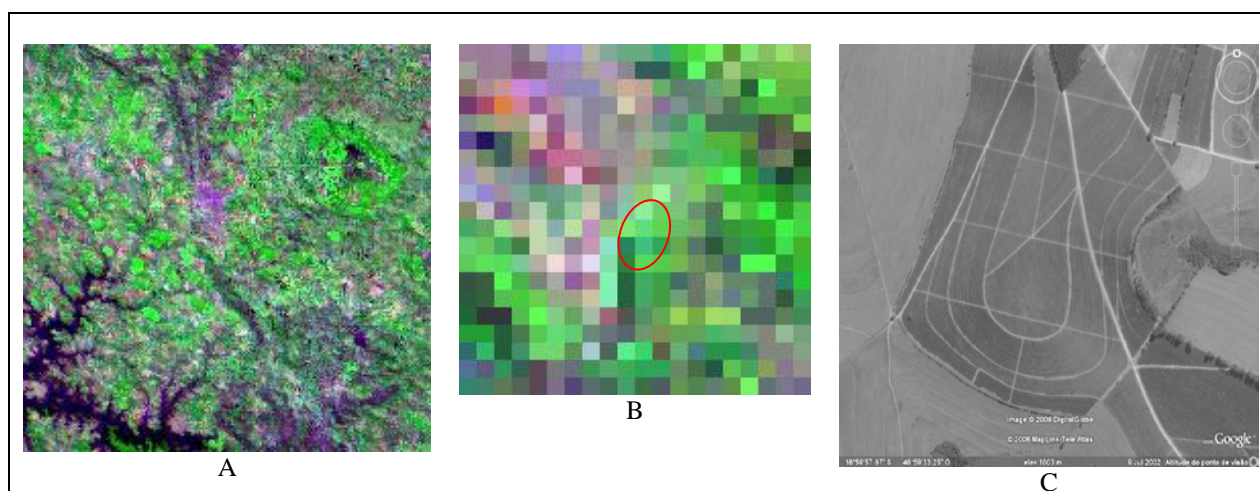
Rosa (2007) utilizou um modelo agrometeorológico-espectral para estimar a produtividade e determinar a quebra de produção acumulada por período fenológico de áreas cafeeiras e ressalta que é possível monitorar os efeitos climáticos e identificar seus impactos sobre a lavoura. Além disso, o modelo permitiu determinar o período mais crítico para a cafeicultura.

O objetivo do presente estudo foi investigar a influência de variáveis meteorológica no vigor vegetativo de cafeeiros, no município de Patrocínio, região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, tendo como base o EVI dos produtos MOD13Q1 de imagens MODIS visando ao desenvolvimento de modelos de monitoramento da estiagem agrícola em áreas cafeeiras.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Patrocínio, região do Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. A região estudada caracteriza-se por altitude média de 970 m, predominância de relevo plano a suave ondulado e de Latossolos, o clima pela classificação de Köppen é Cwa (Tropical em altitudes elevadas: úmido-quente no verão e seco-frio inverno), com ocorrência de acentuado déficit hídrico de maio a setembro.

Visando a alcançar os objetivos propostos foi selecionada uma área contínua de aproximadamente 40 ha, com café arábica variedades Acaia Cerrado-MG145 e Catuaí Vermelho-IAC144 com idade média de 12 anos, em espaçamento variando de 4 a 3,5 m entre linhas e de 0,7 a 0,5 m entre plantas. A localização da área pode ser observada na Figura 1.



**Figura 1** - Área cafeeira estudada. (A) Imagem MODIS (13/08/07) da região estudada no município de Patrocínio\_MG. (B) Detalhe da área cafeeira estudada - imagem MODIS com resolução espacial de 250 m. (C) Área cafeeira estudada fornecida pelo Google (2008).

Foram coletadas informações meteorológicas de junho de 2006 a junho de 2008, fornecidas pela estação meteorológica automática (EMA) pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, localizada no interior da fazenda experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (coordenadas geográficas: 18°58'48" S; 46°58'47.99" W e altitude de 963 m), fixada a aproximadamente 500 m área de estudo.

Utilizaram-se imagens do produto MODIS MOD13Q1 com resolução espacial de 250 metros para acompanhar a variação do vigor vegetativo dos cafeeiros de junho de 2006 a junho de 2008. Este produto é gerado a partir de várias imagens adquiridas em um período de 16 dias, para o período de tempo estudado foram analisados 47 produtos MOD13Q1. Este processo de composição seleciona o melhor pixel da imagem para compor o produto MOD13Q1, minimizando eventuais distorções espaciais e ruídos radiométricos (van Leeuwen et al., 1999).

Com o objetivo de utilizar o Sistema de Informação Geográfica (SIG) SPRING versão 4.2 desenvolvida no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Câmara, 1996) os produtos MOD13Q1 foram convertidos para a projeção UTM, zona 23S; Datum WGS84, utilizando o programa MODIS Reprojection Tool - MRT (DAAC, 2005).

A área cafeeira selecionada para o estudo foi georeferenciada no campo com um GPS de navegação e no SIG SPRING a área foi identificada (Tabela 1), em seguida registraram-se os valores médios de EVI contidos na área de estudos.

**Tabela 1** - Localização dos pixels contidos na área de estudos.

Latitude central do pixel selecionado	Longitude central do pixel selecionado
---------------------------------------	--

18° 59' 33,28" S	46° 59' 14,07" W
18° 59' 40,73" S	46° 59' 22,08" W
18° 59' 48,18" S	46° 59' 30,09" W

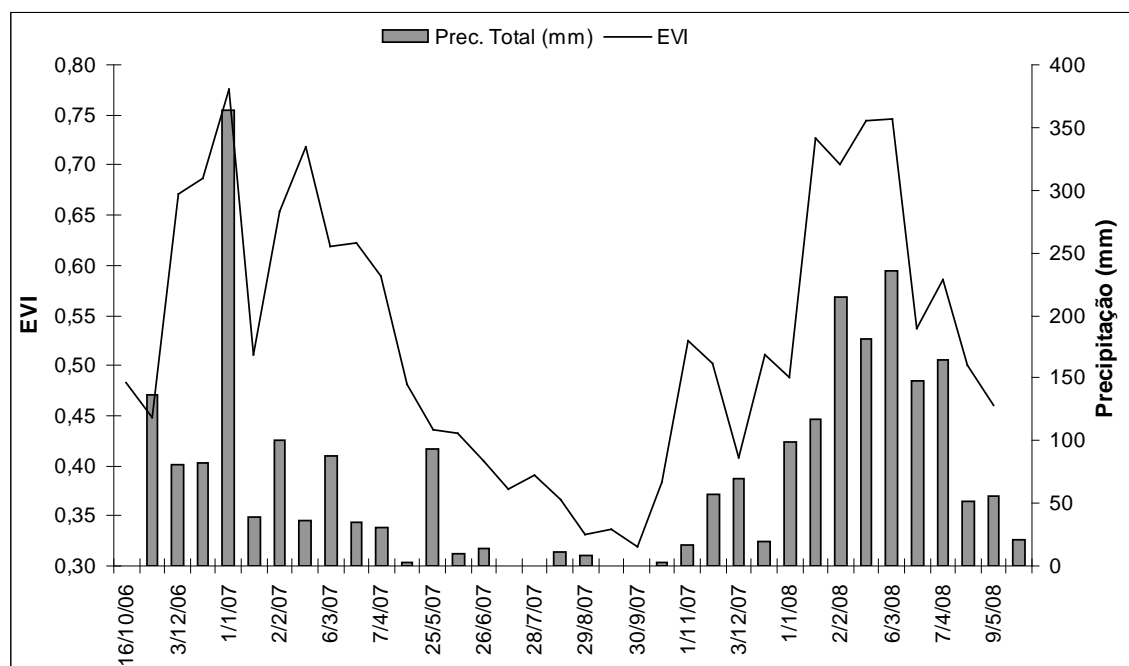
Os dados meteorológicos foram analisados para o período de 16 dias, coincidindo com os produtos MOD13Q1. Seleccionaram-se as seguintes variáveis meteorológicas: pressão atmosférica máxima, média e mínima do período; temperatura do ar máxima, média e mínima do período; a umidade do ar máxima, média e mínima do período; a precipitação total acumulada e média do período; e a partir da precipitação diária foram calculadas as variáveis: dias sem chuva maior que 10, 20 e 30 mm.

As informações do produto MODIS e os dados de meteorológicos foram modelados visando ao monitoramento de áreas cafeeiras.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo realizado no município de Patrocínio, região do Alto Paranaíba, MG, constatou-se que, no período de junho de 2006 a junho de 2008, as temperaturas do ar mínima, média e máxima registradas pela EMA foram 4,6, 21,4 e 35,4 °C, respectivamente. No caso do cafeeiro da espécie arábica, a temperaturas médias anuais ótimas situam-se entre 18 e 22 °C. Segundo Sedyama et al. (2001) a ocorrência freqüente de temperaturas máximas superiores a 34 °C causa o abortamento de flores e, conseqüentemente, perda de produtividade.

A Figura 2 mostra a variação da precipitação acumulada a cada 16 dias, no período estudado e o EVI médio extraído dos produtos MOD13Q1. Nota-se que o EVI médio apresentou valor máximo de 0,78 (1/1/2007 - período chuvoso) e mínimo de 0,32 (30/9/2007 - período seco). Observa-se ainda que o EVI aumenta à medida que as chuvas acumulam no período, quando as chuvas cessaram o valor de EVI decresce lentamente.



**Figura 2** - Variação dos valores de precipitação acumulada a cada 16 dias e do EVI médio, de junho de 2006 a junho de 2008, na área estudada.

Foram desenvolvidos modelos de regressão linear obtidos para as variáveis meteorológicas e EVI médio. A Tabela 2 apresenta os modelos de regressão linear e seus respectivos coeficientes de determinação.

Observa-se na Tabela 2 que as variáveis: temperatura mínima do ar, precipitação total e média no período de 16 dias e dias sem chuva maior que 30 mm, não apresentaram boa relação com o EVI médio. Entretanto as variáveis: dias sem chuva maior que 10 mm e 20 mm apresentaram boa relação com o EVI médio.

Segundo Oliveira et al. (2000) o regime da chuva é a principal característica climática que determina o desenvolvimento das plantas em regiões tropicais, em contraste com as regiões temperadas, nas quais o início e o fim da estação de crescimento são definidos pelo regime sazonal da temperatura do ar.

Meireles et al. (2007) afirmam que a distribuição de chuvas e a ocorrência de extremos de temperatura do ar são fatores importantes para o cafeeiro, pois afetam seu desenvolvimento, a falta ou o excesso de água no solo e as mudanças térmicas exercem grandes influências as várias fases do cafeeiro.

De acordo com Matiello (2002) a exigência de chuvas de cafeeiros é bastante variável, de acordo com as fases do ciclo da planta. No período de vegetação e frutificação, que vai de outubro a maio, o cafeeiro precisa de água disponível no solo. Na fase de colheita e repouso, de junho a setembro, a necessidade água é pequena e a estiagem não prejudica a produção.

Ressalta-se na Tabela 2 que chuvas maiores que 10 mm alteram o valor do EVI demonstrando recuperação do vigor vegetativo dos cafeeiros, após período prolongado de estiagem. Antes desses volumes de chuvas acontecerem os cafeeiros permaneceram sob estresse hídrico.

O resultado obtido demonstrou ser possível relacionar a quantidade pluviométrica com o índices de vegetação, que vão retratar tanto o vigor e umidade das plantas como estiagem agrícola.

**Tabela 2** - Modelos de regressão linear obtidos para as variáveis observadas.

REGRESSÃO LINEAR
<b>EVI = 16,441 TMi + 7,8352</b> $r^2 = 0,41^*$ Onde: TMi é a temperatura mínima período de 16 dias
<b>EVI = 367,23 PT - 119,95</b> $r^2 = 0,37^*$ Onde: PT é a precipitação total no período de 16 dias
<b>EVI = 22,477x PM - 7,1117</b> $r^2 = 0,35^*$ Onde: PM é a precipitação média no período de 16 dias
<b>EVI = 293,31(DSC)<sup>2</sup> - 366,03(DSC) + 112,5</b> $r^2 = 0,45^*$ Onde: DSC é o número de dias sem chuva
<b>EVI = -5791,9(DSC10)<sup>3</sup> + 10484(DSC10)<sup>2</sup> - 6221,7(DSC10) + 1215,7</b> $r^2 = 0,89^*$ Onde: DSC10 é o número de dias sem chuva maior que 10 mm
<b>EVI = -5202,9(DSC20)<sup>3</sup> + 10064(DSC20)<sup>2</sup> - 6419,7(DSC20) + 1356,8</b> $r^2 = 0,85^*$ Onde: DSC20 é o número de dias sem chuva maior que 20 mm
<b>EVI = -3370,6(DSC30)<sup>3</sup> + 6321,3(DSC30)<sup>2</sup> - 4056,6(DSC30) + 915,9</b> $r^2 = 0,38^*$ Onde: DSC30 é o número de dias sem chuva maior que 30 mm

(n=35, \* correlações significativas a 5%)

## CONCLUSÕES

No presente estudo realizado no município de Patrocínio, região do Alto Paranaíba, MG, concluiu-se que, no período de junho de 2006 a junho de 2008, os valores de EVI médios extraídos dos produtos MOD13Q1 variaram de 0,78 (1/1/2007 - período chuvoso) e mínimo de 0,32 (30/9/2007 - período seco).

Modelos estatísticos lineares de ajuste de curva das variáveis EVI e estiagem agrícola com dias sem chuva maior que 10 e 20 mm, apresentaram significativos valores de coeficiente de determinação.

O EVI oriundo do produto MOD13Q1 do satélite TERRA demonstrou grande potencial para estimar estiagem agrícola em cafeeiros pela sua frequência de imageamento e pelos bons resultados obtidos nesse estudo.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D Café) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Os autores agradecem também à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) por financiar bolsas de pesquisas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, E. D.; SETZER, A.; MOREIRA, L. Estimativa da precipitação através do índice de vegetação do satélite NOAA. In: Simpósio Brasileiro de sensoriamento Remoto, 5. 1988. Natal. **Anais...** São José dos Campos, INPE, 1988, p. 425- 429.

- CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers and Graphics**, v.20, p.395-403, 1996.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. ed. rev. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170p.
- DAAC - DISTRIBUTED ACTIVE ARCHIVE CENTER- NASA.MODIS. Disponível em: <<http://edcdaac.usgs.gov>>. Acesso em: 28 ago. 2007.
- GOOGLE Disponível em: <<http://maps.google.com.br/maps?ie=UTF-8&hl=pt-BR&tab=wl>>. Acesso em: 10 out. 2008.
- LATORRE, M.L.; SHIMABUKURO, Y.E.; ANDERSON, L.O. Produtos para ecossistemas terrestres (MODLAND). In: RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J.C. (Eds.): **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**, São José dos Campos: Ed. Bookimage, p. 23 - 36, 2007.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNADES **Cultura do Café no Brasil**. Novo Manual de Recomendações. Varginha: MAPA-Procafé. 2002, 387p.
- MEIRELES, E. J.L.; CAMARGO, M. P.de; PEZZOPANE, J. R. M.; THOMAZIELLO, R. A.; FAHL, J. I.; BARDIN, L. **Fenologia do cafeeiro**: condições agrometeorológicas e balanço hídrico do ano de 2003-2004. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 79p. (Embrapa Café. Documento 3).
- OLIVEIRA, A. D., COSTA, J.M.N., LEITE, R.A. ET AL. Probabilidade de chuvas e estimativas de épocas de semeadura para cultura de arroz de sequeiro, em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 295-309, 2000.
- ROSA, V. G. C. **Modelo agrometeorológico-espectral para monitoramento e estimativa da produtividade do café na região sul/sudoeste do estado de Minas Gerais**. 2007. 142p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos. 2007.
- SEDIYAMA, G. C.; MELO JÚNIOR, J. C. F. DE; SANTOS, A. R. DOS; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N. DA; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, Número Especial, p. 501-509, 2001
- VAN LEEUWEN, W.J.D.; HUETE, A.R.; LAING, T.W. MODIS vegetation index compositing approach: A prototype with AVHRR data. **Remote Sensing of Environment**, v. 69, p.264-280, 1999.