

SÉRIES TEMPORAIS DO ENHANCED VEGETATION INDEX E CARACTERIZAÇÃO DO USO DO SOLO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Temporal series of the *Enhanced Vegetation Index* and the characterization of land use in the state of Espírito Santo

Yhasmin G. Paivaⁱ
Universidade Federal de Viçosa

Alexandre C. Xavierⁱⁱ
Fabio S. Castroⁱⁱⁱ
Universidade Federal do Espírito Santo

André Q. de Almeida^{iv}
Aristides Ribeiro^v
Universidade Federal de Viçosa

Resumo

Imagens Enhanced Vegetation Index (EVI) são geradas por bandas do espectro eletromagnético nas faixas do azul, vermelho e infravermelho próximo. Esse índice minimiza os efeitos de resposta do solo, atmosfera e apresenta alta resposta a variações fenológicas. O objetivo deste trabalho foi utilizar o índice de vegetação modificado para caracterizar o comportamento espectro-temporal de diferentes usos do solo no Estado do Espírito Santo. Foram utilizadas imagens EVI do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) no período de dezembro de 2002 até julho de 2008, totalizando 192 imagens. Geraram-se aleatoriamente pontos com boa distribuição espacial no Estado. Estes foram posteriormente classificados de acordo com o tipo cobertura, utilizando como referência imagens LANDSAT/TM. Os resultados mostram que o Enhanced Vegetation foi sensível às variações fenológicas da vegetação, com menores valores no período seco em relação aqueles do período chuvoso do ano. Foi observado também comportamento espectral semelhante entre classes de uso do solo de área reflorestada e Natural. Para o uso do solo do tipo corpo d'água foram encontrados os menores valores de índice, bem próximos a unidade.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; SIG; classificação

Abstract

Enhanced Vegetation Index images are made by means of bands in the electromagnetic spectrum in the range of blue, red and near infrared. This index minimizes the response effects of soil and atmosphere, besides having high response to phenological variations. This study aims to use the vegetation index modified to characterize the spectrum and temporal behavior of different uses of soil in the State of Espírito Santo - Brazil between June 200 and June 2008. All together, a 16-day series summarizing 192 index images was generated. Random points with good spatial distribution were generate and ranked according the type coverage, using LANDSAT/TM images. The results show that the Enhanced Vegetation was sensitive to the phenological variations of the vegetation, with lower values for the dry season in relation to the rainy season. Similar spectrum behavior was also observed among the different uses of soil for both the Natural Forest and Planted Forest. The lowest index values were found for the category which includes the water bodies very close to the unit.

Keywords: remote sensing; GIS; classification

INTRODUÇÃO

O sensor MODIS ("Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer"), foi lançado, a bordo do satélite Terra, em 1999, apresentando um grande número de bandas espectrais disponíveis e com resolução variando de 250 m a 1 km (JUSTICE et al., 1998, p.1235). Os dados

MODIS são corrigidos para efeitos atmosféricos (nuvens, aerossóis, etc.), georeferenciados e distribuídos gratuitamente em diferentes produtos, dentre eles, o Enhanced Vegetation Index (EVI).

O EVI foi desenvolvido para otimizar 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. Esse índice minimiza os efeitos de resposta do solo e atmosfera, apresentando alta resposta às variações fenológicas da vegetação (JUSTICE & TOWNSHEND, 2002, p.2).

Devido à sua resolução, as imagens MODIS são adequadas para estudo em escalas menores. Atualmente os dados temporais de índices de vegetação vêm sendo utilizados para classificar e caracterizar a cobertura do uso do solo em âmbito regional (LOBELL & ASNER, 2004; WARDLOW et al., 2006; WARDLOW, 2007, ALMEIDA et al., 2008, p.1099).

A utilização de dados temporais pode ser preferível em uma classificação quando em uma só imagem existe a possibilidade de classes de alvos diferentes apresentarem comportamento espectro-temporal distintos. Pode-se citar como exemplos destes estudos no setor agrícola (PAX-LENNEY et al., 1996, p.9; RUDORFF et al., 2007, p.119), classificando áreas de plantio de soja, e de biomas naturais (BRANNSTROM et al., 2008, p.579), trabalhando com o Cerrado”.

Ter o conhecimento do comportamento espectro-temporal dos diferentes usos do solo torna-se importante para se avaliar a possibilidade de mapeamento a partir dos dados multitemporais EVI. Do exposto, o objetivo geral deste trabalho foi utilizar os dados temporais do EVI, produto do sensor MODIS, para caracterizar espectro temporalmente diferentes usos do solo no Estado do Espírito Santo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o Estado Espírito Santo (FIGURA 1). Localizado na porção oriental da Região Sudeste do Brasil, o estado tem seu território compreendido entre duas regiões naturais distintas: a planície litorânea, com uma costa de 400 km, e o planalto.

O clima do Estado é tropical úmido, com temperaturas médias anuais de 23°C e volume de precipitação média superior a 1.400 mm por ano, especialmente concentrada no verão, de acordo com as médias das séries históricas climatológicas. (CITYBRASIL, 2005).

Trabalhou-se com as imagens índice de vegetação (EVI), produto do sensor MODIS. Estas foram obtidas gratuitamente através da National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2008). Foram utilizadas 192 imagens referentes aos meses de dezembro de 2002 até julho de 2008 (produto MOD13Q1).

Cada imagem é um produto referente a múltiplas observações de um período de 16 dias, em que foram aplicados filtros de qualidade, de nuvem e de geometria de visada, que eliminam, por exemplo, dados com a presença de nuvens, o que torna pouco possível a identificação do tipo de uso do solo. O EVI pode ser calculado através da Eq. 1 (JUSTICE et al., 1998):

$$EVI = 2,5(IVP - ver) / (L + IVP + C1ver - C2azul) \quad (1)$$

em que: L é fator de ajuste para o solo; C1 e C2 são coeficientes de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera; azul, ver e IVP são as reflectâncias da região espectral do azul, vermelho e infravermelho respectivamente.

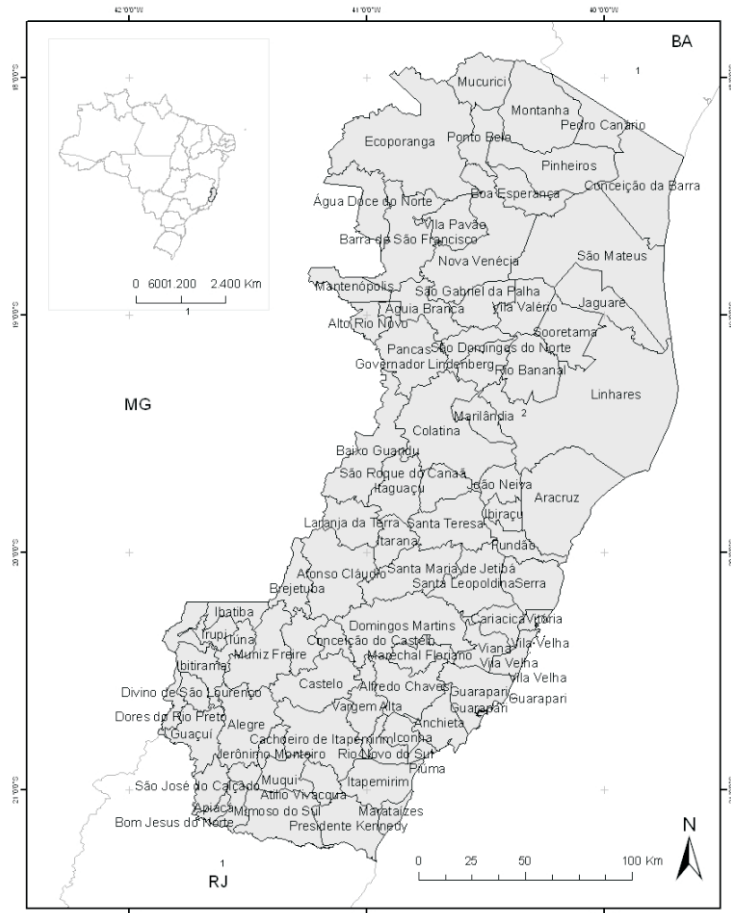


FIGURA 1 - Local do estudo: Estado do Espírito Santo.

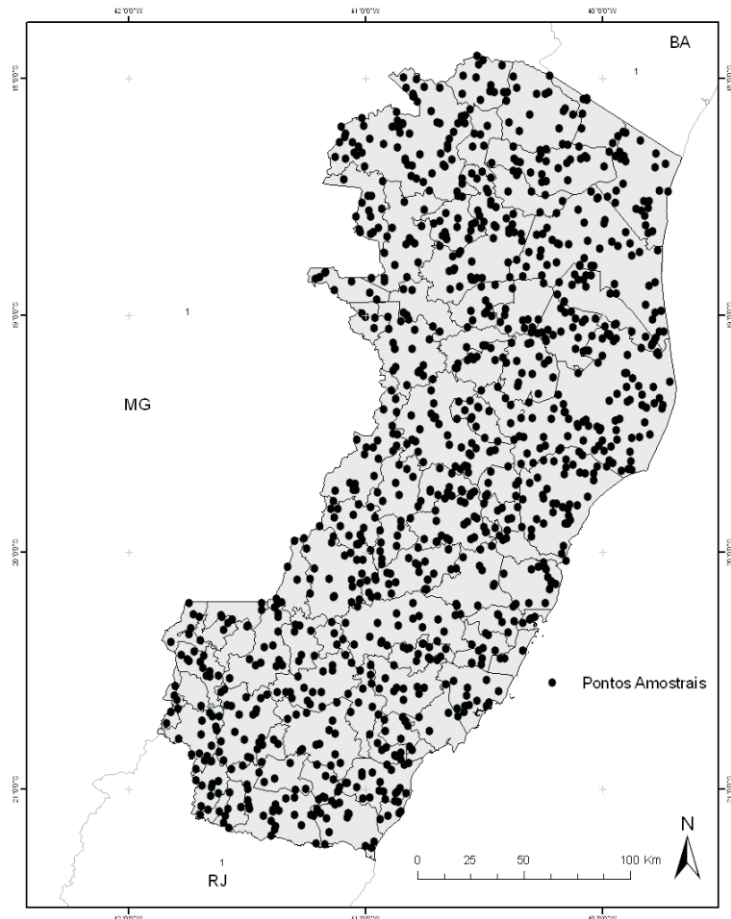


FIGURA 2 - Pontos de coleta gerados na superfície do Estado para posterior classificação do tipo de uso do solo.

Os valores dos coeficientes dos coeficientes são: $L=1$, $C1=6$, $C2=7.5$ e o fator de ganho $G=2,5$ (JUSTICE et al. 1998).

Realizou-se o pré-processamento das imagens com os dados MODIS disponibilizados inicialmente no formato HDF (“*Hierarchy Data Format*”), com um nível de quantização de 16 bits. Foi realizado o mosaico das imagens nas duas cenas onde o Estado se encontra. Trabalhou-se no Sistema de Projeção UTM (Projeção Universal Transversal de Mercator) e Datum WGS84. Para tal, utilizou-se o software desenvolvido pela NASA: MRT – MODIS Reprojection Tool, disponível gratuitamente no endereço: <http://lpdaac.usgs.gov/modis/dataproducts.asp>. A conversão dos dados MODIS disponíveis em 16 bits para 8 bits foi realizada por meio do software ConvGeotiff. Após este processo, as imagens foram trabalhadas em ambiente SPRING 5.0.3.

Foram gerados aleatoriamente 1500 pontos amostrais em toda área de estudo (FIGURA 2). A classificação desses foi realizada via identificação do uso do solo presente em cada um dos pontos por um mosaico de imagens TM+ Landsat do ano de 2008.

Da interseção dos pontos amostrais classificados e dos 192 mosaicos da série EVI foram obtidos os valores pontuais do índice segundo seus respectivos usos. As amostras pertencentes à mesma classe foram agrupadas e expressas em valores médios. Com isso uma série com defasagem de 16 dias com total de 192 repetições foi gerada para cada tipo de cobertura do solo pré-estabelecida.

Apesar de toda análise preliminar de qualidade do produto EVI, este ainda

apresentou erros na série temporal gerada, devido ao ruído das bandas individuais que não puderam ser eliminados. Realizou-se então nas séries temporais pontuais o processo simples de filtragem, utilizando-se a estatística da mediana para as imagens. A partir das amostras filtradas, determinaram-se os diferentes tipos de comportamento temporal do EVI encontrados na área em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As classes de cobertura do solo identificadas através do sensor TM+ são: cultivo agrícola, floresta nativa, área reflorestada, corpos d'água, áreas edificadas e por último os locais não identificados.

Nos alvos pertencentes aos cultivos agrícolas verificou-se a presença de culturas típicas plantadas no Estado como café, mamão além das pastagens. Na classe denominada não identificada, os alvos apresentaram dificuldades quanto à diferenciação do tipo de cobertura amostrado e estes dados foram descartados.

A classe que apresentou a maior porcentagem nos pontos amostrados foi a de cultivos agrícolas, com 68,6% do total das amostras (FIGURA 3). Encontrou-se uma porcentagem maior de áreas reflorestadas em relação às florestas naturais, o que não corresponde aos dados informados pela FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INPE, 2002, que apresenta 8,9% de nativas e o Instituto Capixaba de Pesquisa Agropecuária (INCAPER), 2005 com 4,2% para as reflorestadas. Este resultado não influencia na exatidão da avaliação do potencial da imagem EVI por se trabalhar com dados médios por classe.

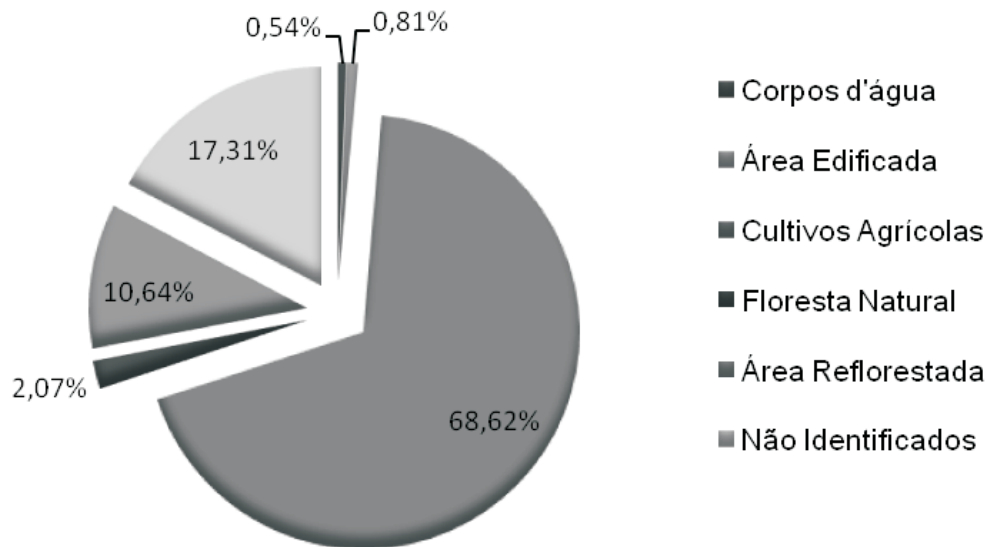


FIGURA 3 - Porcentagem de cada tipo de uso do solo gerado a partir da classificação dos pontos espacializados na cobertura do Estado.

A maior parte dos alvos de áreas reflorestadas se encontrou na região Norte do Estado, onde o cultivo é feito em uma maior escala por empresas produtoras de celulose e de siderurgia presentes nesta região.

Outras classes como as áreas edificadas e os corpos d'água foram identificadas, porém com menor porcentagem em relação às demais 0,5% e 0,8% respectivamente. Boa parte das amostras de corpos d'água foi localizada sob o rio Doce. A porção baixa da bacia, que começa na divisa entre os Estados de Minas Gerais e o Espírito Santo e vai até a foz no Oceano Atlântico ocupa uma área aproximada de 12.000 km². Nessa região fisiográfica o rio apresenta a maior largura média, justificando a maior identificação deste tipo de uso.

A maioria das amostras das áreas edificadas foi encontrada na região da grande Vitória, composta por cinco municípios, Cariacica, Fundão, Guarapari, Vila Velha, Vitória, Serra e Viana. Segundo dados do censo do IBGE, do ano de 2000, nessa microregião vivem cerca de 1.438.596 milhões de habitantes, o que corresponde a

aproximadamente 58% da população urbana do Estado.

Os valores de EVI dos cultivos agrícolas tendem a serem maiores no verão (Janeiro, Fevereiro e Março) e menores no inverno (julho, agosto) como resposta da diminuição de biomassa verde (FIGURA 4A) influenciadas por fatores climáticos como a radiação, temperatura e precipitação. Os valores extremos de EVI são encontrados com o valor mínimo de 0,11 no início de setembro e máximo de 0,76 em fevereiro 2003. Observou-se uma maior amplitude no desvio padrão em relação à média devido presença diferentes culturas nesta classe, o que representou uma amostra mais heterogênea.

As florestas naturais do estado são majoritariamente de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual. Estas apresentaram valores médios maiores de EVI (0,5) em relação aos cultivos agrícolas (0,39). Houve uma pequena queda na época de baixa precipitação (FIGURA 4B), onde condições fisiológicas da planta como a diminuição do total de área foliar no dossel da floresta, são

afetadas.

As áreas reflorestadas demonstraram o comportamento espectral semelhante ao das florestas naturais (FIGURA 4C) em termos médios com valores de 0,49 de reflectância. No mês de janeiro, onde as chuvas são mais abundantes, chegou a ter picos de EVI com

valor de 0,82 e em agosto, época mais seca, valor de 0,62. Apesar da resposta dos valores médios próximos de EVI entre as áreas reflorestadas e as florestas naturais, nota-se que a dispersão do gráfico apresenta-se maior (FIGURA 4C) desvio em relação às florestas naturais. Isto se deve à presença de plantios

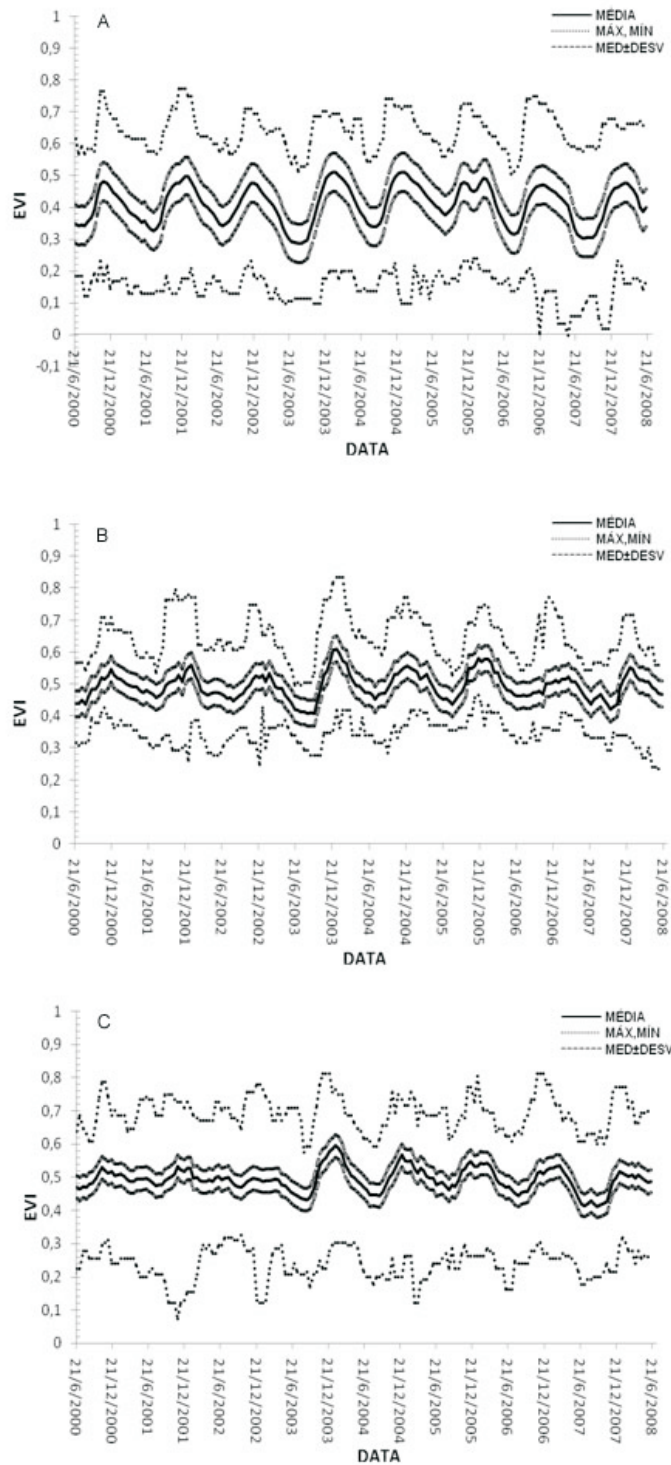


FIGURA 4 - Comportamento espectral entre os anos de 2000 e 2008 dos dados EVI para (A) Cultura Agrícola, (B) Floresta Natural e (C) Área Reflorestada.

que estão em estágios diferentes de desenvolvimento e crescimento.

As amostras sob áreas de corpos d'água (FIGURA 5A) apresentam baixos valores médios de EVI (0,07) durante todo o período analisado, devido a pouca quantidade de biomassa verde presentes em fitoplânctons. Esta classe foi a única que apresentou valores negativos de EVI.

O EVI para a classe de área edificada é apresentado na Figura 5B. Observou-se valores médios de EVI de 0,22 e um pequeno aumento da curva do comportamento espectro-temporal a partir de novembro em relação aos meses anteriores pertencentes à épocas mais secas. Tal fato pode ser justificado pelas amostras presentes nas cidades apresentarem aumento de biomassa com a presença de arborização urbana.

Mudanças interanuais na temperatura e precipitação podem influenciar profundamente o status da fenologia, como o período de crescimento, a taxa de acumulação de biomassa e o período e taxa de senescência (Lee et al., 2002, p.2510). Esta influência foi observada na análise multitemporal das imagens, com as alterações no comportamento espectrais no decorrer do ano.

As imagens EVI podem apresentar um potencial para a realização de uma classificação digital. Para tal, o comportamento multiespectral de EVI de certas classes distintas deve ser distinto. Classes como as áreas reflorestadas e florestas nativas podem apresentar uma difícil execução devido à semelhança na assinatura espectral. O oposto seria verificado para classes como área edificada e corpos d'água.

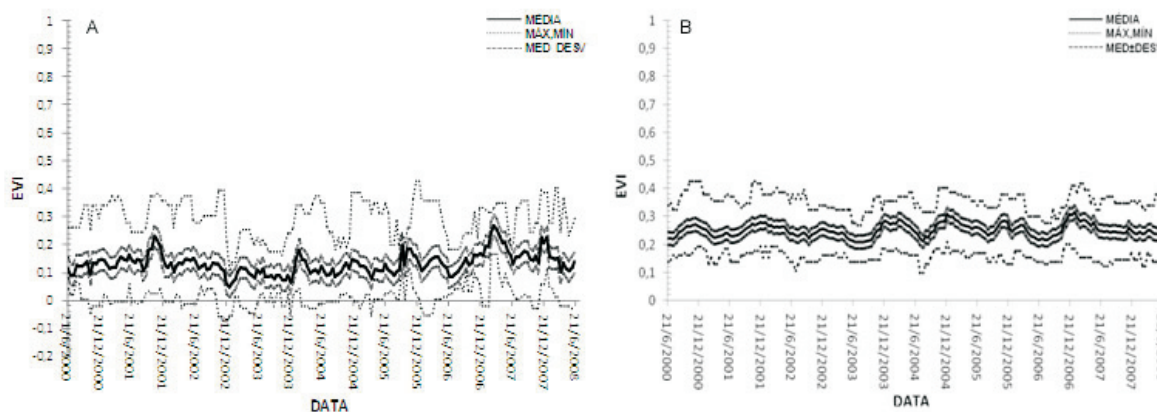


FIGURA 5 - Comportamento espectral entre os anos de 2000 e 2008 dos dados EVI para (A) Área Edificada e (B) Corpos D'água.

CONCLUSÕES

- As classes de cobertura do solo observadas neste trabalho apresentaram assinaturas espectrais distintas. Em termos médios, as florestas naturais apresentaram valores de do EVI semelhantes às áreas reflorestada (0,5 e 0,49 respectivamente) e superiores quando comparados aos cultivos agrícolas (0,39). Esta reflectância foi diminuída para corpos d'água

(0,07) e áreas edificadas (0,22) por serem usos do solo com menor biomassa vegetal;

- Os índices de vegetação disponibilizados nos produtos MODIS mostraram-se sensíveis à detecção da sazonalidade ao longo dos meses do ano, indicando ser uma boa ferramenta para estudos do comportamento fenológico da vegetação;

- Os resultados mostram que o EVI pode ser usado para classificação do uso do solo ao longo do domínio do tempo.

NOTAS

ⁱ Eng. Florestal; Doutoranda do Programa de pós-graduação em Meteorologia Agrícola - DEAUFRV - Universidade Federal de Viçosa.

E-mail: yhasminp@hotmail.com

ⁱⁱ Eng. Agrônomo; Doutor em Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo; Professor Adjunto do departamento Engenharia Rural da Universidade Federal do Espírito Santo, DER/CCA/UFES.

E-mail: xavier@cca.ufes.br

ⁱⁱⁱ Eng. Agrônomo; Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo, DER/CCA/UFES.

E-mail: fabiosilva@hotmail.com

^{iv} Eng. Florestal; Doutorando do Programa de pós-graduação em Meteorologia Agrícola - DEAUFRV - Universidade Federal de Viçosa.

E-mail: andreqa@gmail.com

^v Eng. Agrônomo; Doutor em Engenharia Nuclear na Agricultura pela Universidade de São Paulo; Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa.

E-mail: ribeiro@ufv.br

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. Q.; SILVA, G. F.; PEZZOPANE, J. E. M.; RIBEIRO, C. A. D. Uso do *Enhanced Vegetation Index (EVI)* na análise da dinâmica da vegetação da reserva biológica de sooretama, ES. *Revista Árvore*, v.32, n.6, p.1099-

1107, 2008.

BRANNSTROM, C.; JEPSON, W.; FILIPPI, A. M.; REDO, D.; XU, Z.; GANESH, S. Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986-2002: Comparative analysis and implications for land-use policy. *Land Use Policy*, v. 25, p.579-595, 2008.

CITY BRAZIL. *City Brazil*, São José dos Campos. Disponível em <<http://www.citybrazil.com.br/es/geral.htm>>. Acesso em: 05jan. 2005.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INPE. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 43p.2002.

INCAPER. *Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural*. Disponível em <<http://www.incaper.es.gov.br/florestal.htm>>. Acesso em: 10jul. 2005.

JUSTICE, C. O. et al. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v.36, 1228-1249, 1998.

JUSTICE, C. O., TOWNSHEND, J. R. G. Special issue on the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): A new generation of land surface monitoring. *Remote Sensing of Environment*, v.83, p.1- 2, 2002.

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, p.2505-2512, 2002.

LOBELL, D. B., & ASNER, G. P. Cropland distributions from temporal unmixing of MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, v.93, p.412- 422, 2004.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. *Data Products - MODIS*.

Disponível em: <<http://lpdaac.usgs.gov/modis/dataproducts.asp>>. Acesso em: 10/07/2008

PAX-LENNEY, M. et al. The status of agricultural lands in Egypt: the use of multitemporal NDVI features derived from Landsat TM. *Remote Sensing of Environment*, v. 56, 8-20. 1996.

RUDORFF, C. M.; RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T.; SUGAWARA L. M, VIEIRA, C. A. O.

Superfícies de resposta espectro-temporal de imagens do sensor MODIS para classificação de área de soja no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v.37, n.1, p.118-125, 2007.

TOWNSHEND, J. R. G. et al. Characterization

and classification of South American land cover types using satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, v.8, p.1189-1207, 1997.

WARDLOW, B. D., KASTENS, J. H., EGBERT, S. L. Using USDA crop progress data for the evaluation of greenup onset date calculated from MODIS 250-meter data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.72 (11), p.1225- 1234, 2006.

WARDLOW, B. D.; EGBERT, S. L.; KASTENS, J. H. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment*, v.108, p. 290-310, 2007.