

Estimativa da Fração de Cobertura Vegetal para o ano de 2010 em Minas Gerais a partir do NDVI gerado pelos sensores MODIS e VEGETATION-2

Michel Eustáquio Dantas Chaves¹
Alexsandra da Silva Lázaro¹
Otávio Augusto Carvalho Nassur¹
Fagner Goes da Conceição¹

¹ Universidade Federal de Lavras – UFLA/DEG
Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras - MG, Brasil
{alexsandralazaro, desenho.fg, micheldchaves}@gmail.com, otavionassur@yahoo.com.br

Abstract. The satellite remote sensing offers different means for acquiring the variability of vegetation cover dynamics important for many applications, such as agriculture, forest, meteorology, cartography and urban cadastre. A large amount of images produced by satellites, often available for free, facilitate remote sensing studies. Many of these studies use the Vegetation Indices (VIs) that are derived using the reflectance properties of vegetation. Different indices have different advantages in retrieving vegetation information. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) allows not only map the vegetation, but also measure the quantity and condition of vegetation in a given area. In this research fraction vegetation cover (FVC) was estimated using the NDVI from MODIS/TERRA and VEGETATION-2/SPOT sensors. The MOD13Q1 NDVI product from MODIS and S-10 NDVI product from VEGETATION-2 were used by the state of Minas Gerais in 2010. The Integrated Land and Water Information System (ILWIS) software was used to support, import, process and analyze the special information. The results showed that the values of NDVI were higher from MODIS sensor. During the rainy season, from September to April, both sensors generated high NDVI values. The FVC values from MODIS were lower than the values of FCV from VEGETATION-2 for the entire period of study.

Palavras-chave: remote sensing, vegetation index, geoprocessing, geographic information system, sensoriamento remoto, índices de vegetação, geoprocessamento, sistema de informações geográficas.

1. Introdução

A análise ambiental constitui um assunto de interesse para a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, levando em consideração a facilidade da representação da espacialidade cartográfica do fenômeno analisado e a integração dos dados pelo mapeamento temático. O potencial de informações que podem ser abstraídas dessa análise torna-se cada vez mais uma prática imprescindível para os estudos dessa natureza, tendo em vista a necessidade de monitoramento de áreas que estão sujeitas as constantes intervenções humanas (Ramalho, 2002).

Em relação à análise da vegetação o sensoriamento remoto tem grande contribuição, uma vez que possibilita detectar mudanças e avaliar e realizar o monitoramento da cobertura vegetal. Tal tarefa pode ser feita por meio da interpretação de imagens de sensores remotos e, em particular, por índices de vegetação, que permitem avaliar o comportamento deste alvo em determinado período de tempo.

Ao serem utilizados para estimar parâmetros de vegetação, os dados orbitais fornecem informações relevantes à diferentes setores, como agricultura e meio ambiente. Um índice de vegetação comumente utilizado para medir a quantidade e verificar a condição de vegetação em determinada área é o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) proposto por Rouse et al. (1973). O NDVI é calculado a partir dos fatores de refletância bidirecional das bandas vermelho e infravermelho próximo. Pesquisas já indicaram que existe correlação linear entre a cobertura vegetal e o NDVI (Eastwood et al., 1997; Leprieur et al., 2000).

A Fração de Cobertura Vegetal (FCV) é um importante parâmetro de vegetação tradicionalmente estimado através de dados de sensoriamento remoto usando relações empíricas com índices de vegetação, como exemplo o NDVI (Jiménez-Muñoz, 2009).

É um importante parâmetro biofísico, assim nomeado por determinar o tamanho da porção vegetada da superfície da terra que vai se comunicar com a atmosfera. Esta fração da vegetação pode transpirar, evaporar, absorver a radiação, e até mesmo armazenar energia, dependendo da área de folhas por área do terreno, uma propriedade conhecida como Índice de Área Foliar - em inglês, LAI (Zeng et al, 2000).

Desta feita, o cálculo da Fração de Cobertura Vegetal relaciona-se intrinsecamente com índices de vegetação, pois são derivados dos mesmos. Os dados dos índices são utilizados para estimar parâmetros de rugosidade da superfície, índice de área foliar (LAI) e fração de cobertura vegetal (FCV).

Dentre os sensores que geram produtos de NDVI estão o *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* - MODIS e o VEGETATION-2 dos satélites TERRA e SPOT, respectivamente. O sensor MODIS lançado a bordo do satélite TERRA em 1999 adquire dados da superfície da Terra em 36 bandas espectrais com resolução espacial de 250 (bandas 1-2), 500 (bandas 3-7) e 1000 (bandas 8-36) metros (<<http://modis.gsfc.nasa.gov>>). O sensor VEGETATION-2 a bordo do satélite SPOT-5 colocado em órbita no dia 4 de maio de 2002, oferece uma cobertura global diária e resolução de 1 Km, o que faz desse sensor uma ferramenta ideal para observar as mudanças ambientais regionais e globais a longo prazo (<http://eoedu.belspo.be>).

2. Objetivo

O presente estudo teve objetivo estimar a Fração de Cobertura Vegetal (FCV) a partir de imagens de NDVI geradas pelos sensores MODIS/TERRA e VEGETATION-2/SPOT para o Estado de Minas Gerais.

3. Metodologia de trabalho

3.1 Localização dos municípios tomados para a análise

Os estudos concentraram-se em oito municípios, visando obter amostras das diversas regiões do Estado. São eles: Montes Claros, Paracatu, Uberaba, Uberlândia, Itajubá, Lavras, Governador Valadares e Ipatinga, como mostra a Figura 1.

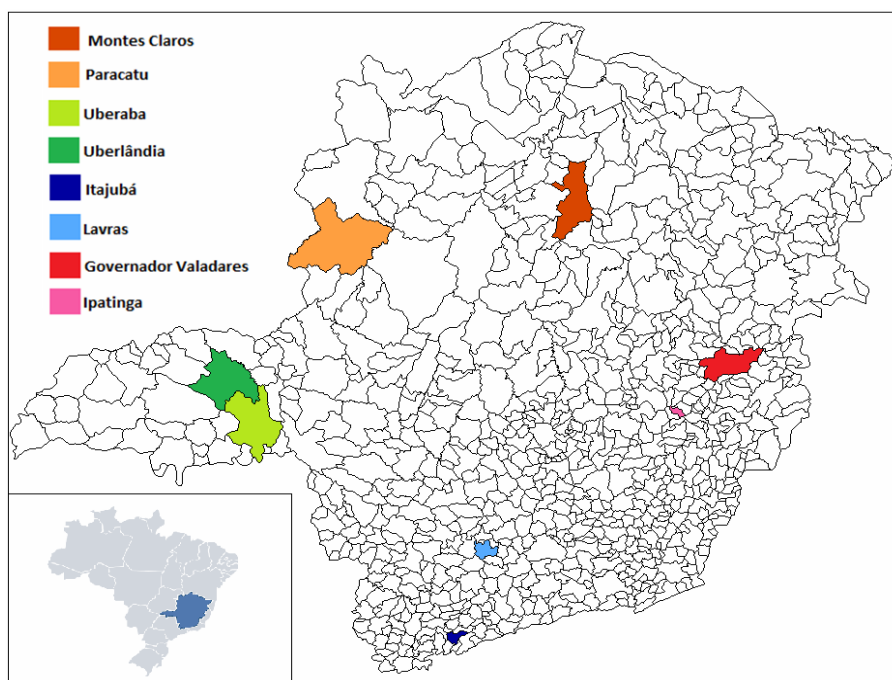


Figura 1. Localização dos municípios analisados dentro do Estado de Minas Gerais. Adaptado de Soares et al., 2012.

3.2 Procedimentos metodológicos

O produto MOD13Q1 do sensor MODIS, que corresponde a uma síntese de 16 dias de imagens de NDVI, foi obtido através do Banco de Produtos MODIS na Base Estadual Brasileira da EMBRAPA. Do sensor VEGETATION-2 do satélite SPOT-5 foi utilizado o produto S-10 de NDVI, que corresponde a uma síntese de 10 dias de imagens. O período estudado compreende ao ano de 2010 e os municípios de Minas Gerais escolhidos para análise dos resultados foram: Governador Valadares, Itajubá, Ipatinga, Lavras, Montes Claros, Paracatu, Uberaba e Uberlândia.

Em um primeiro momento, foi feita a aquisição das imagens dos dois sensores. Após este procedimento, estas foram processadas em ambiente SIG ILWIS, que disponibiliza algumas ferramentas de análise estatística. Como primeira etapa foi feito um recorte (*SubMap*) para o Estado de Minas Gerais no produto S-10, afim de delimitar a área de estudo, visto que as imagens obtidas compreendiam toda a América do Sul. Na etapa seguinte as sínteses de imagens de ambos os sensores foram agrupadas em *maplists*, que armazenam todo o conjunto de mapas *rasters* gerados para utilização e análise.

Através da aplicação da função estatística “*Maximum*” sobre os *maplists*, foi criado um único mapa de NDVI para cada mês do ano de 2010. Posteriormente foi feito o cruzamento com um mapa de Minas Gerais, onde cada município possui um número identificador. As combinações desses valores bem como o número de ocorrência de *pixels* para cada combinação foram armazenadas em 12 tabelas. Utilizando estas tabelas foi possível fazer a agregação dos valores de NDVI para cada mês e calcular a média destes valores. O fluxograma da Figura 1 mostra as etapas do trabalho.

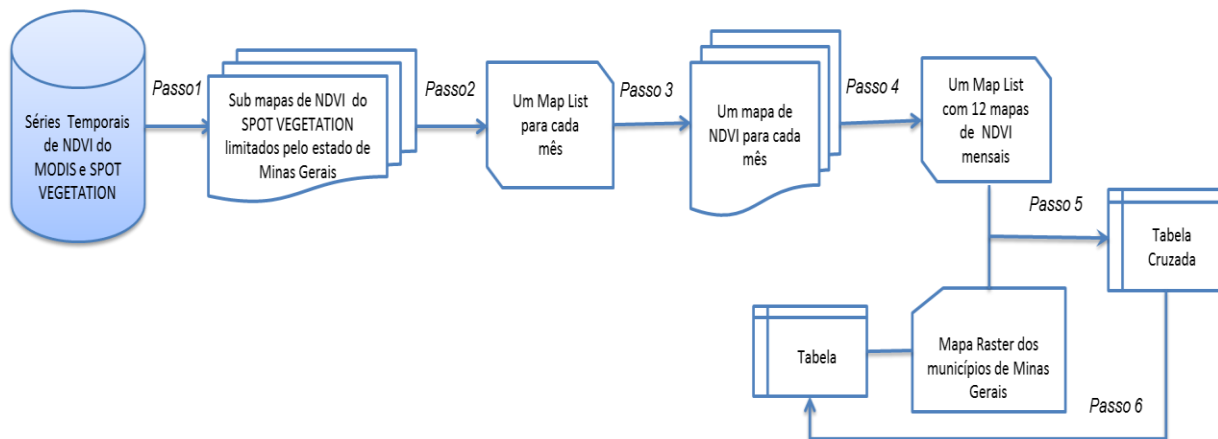


Figura 1. Fluxograma da metodologia aplicada no trabalho.

3.3 Estimativa da fração de cobertura vegetal (FCV)

A FCV tem sido tradicionalmente estimada a partir de dados de sensoriamento remoto utilizando relações empíricas com índices de vegetação, como por exemplo, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), dado pela Equação 1:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

onde: *NDVI* é o índice de vegetação por diferença normalizada, *NIR* é o valor de ND (níveis digitais) na banda do infravermelho próximo do TM e *RED* é o valor de ND (níveis digitais) na banda do vermelho do sensor TM.

Como já foi demonstrado, o cálculo da FCV é realizado a partir de relações empíricas com os índices de vegetação, como o NDVI, por exemplo. Logo, os valores de cobertura vegetal foram estimados através da Equação 2 (Gao et al., 2006, citado por Torresan, 2011):

$$VC = \frac{(NDVI - NDVI_S)}{(NDVI_V - NDVI_S)} * 100 \quad (2)$$

onde VC: cobertura vegetal.

NDVI_S: valor mínimo entre as médias de NDVI do ano de 2010.

NDVI_V: valor máximo entre as médias de NDVI do ano de 2010.

A FCV foi gerada e complementou a informação provida pelo NDVI. Foi feito o cruzamento dos mapas de cobertura vegetal com o mapa de Minas Gerais e o resultado foi armazenado em 12 tabelas. Utilizando estas tabelas foi feita a agregação dos valores de cobertura vegetal para cada mês e calculada a média destes valores, que foram representados através de gráficos.

4. Resultados e Discussão

Comparando os produtos dos dois sensores, nota-se que o NDVI originado do MODIS apresentou maiores valores em seis dos oito municípios estudados em quase todos os meses do ano (exceto Paracatu e Uberaba, onde o VEGETATION-2 apresentou estes maiores valores durante a maior parte do período). Também é possível constatar que, exceto no município de Paracatu, o MODIS também apresentou os maiores picos do índice, como mostra a Figura 2.



Figura 2. Perfis temporais de NDVI obtidos a partir dos sensores MODIS/TERRA e VEGETATION-2/SPOT para os municípios estudados.

A variação encontrada nos valores de NDVI dos produtos MODIS pode estar relacionada à construção do mosaico das imagens de 16 dias do produto MOD13Q1, pois assim como observa Huete et al., (1996), são provenientes de aquisições em diferentes dias, sob diferentes condições atmosféricas e diferentes ângulos de visada.

Os maiores e os menores valores de NDVI observados coincidem, respectivamente, com o estabelecimento e a senescência das coberturas vegetais e os períodos de chuva e estiagem. É possível constatar que no período de estiagem, que vai de maio a início de setembro, os valores foram menores em todos os municípios, tendo culminado em números baixos como 0,43 do VEGETATION-2 em Governador Valadares e Uberlândia e 0,46 do MODIS em Montes Claros, Uberaba e Uberlândia. Em contrapartida, no período de chuvas regulares, que vai de outubro até o final de março; ambos os sensores geraram um NDVI considerado alto, apresentando um rápido tempo de resposta da vegetação às precipitações.

Uma peculiaridade inerente ao NDVI é sua rápida saturação, o que o torna pouco sensível à detecção de variações no aumento da biomassa vegetal a partir de uma determinada fase de crescimento das plantas (Asrar et al., 1984). Considerando que a área estudada está sobre uma altitude que varia entre 900 e 1.496 metros, em clima tropical sazonal (IBAMA, 2005) e relativa umidade, temos a explicação para a saturação do NDVI, pois estas condições são favorecedoras do aumento de biomassa no local.

Em contrapartida, diferentemente do NDVI, os valores de Fração de Cobertura Vegetal obtidos através do sensor MODIS foram invariavelmente menores do que os obtidos através do VEGETATION-2 durante todo o período de análise em todos os municípios analisados, como mostra a Figura 3.



Figura 3. Perfis temporais de FCV obtidos com os sensores MODIS/TERRA e VEGETATION-2/SPOT para os municípios estudados.

Percebe-se que os valores de FCV gerados a partir de dados MODIS atingem, em algumas localidades, valores negativos, o que não ocorre com o VEGETATION-2, que além de apresentar maiores valores, apresenta também uma amplitude menor entre eles, com gráficos mais suavizados, inclusive.

5. Conclusões

Os resultados finais indicaram que a introdução do parâmetro biofísico Fração de Cobertura Vegetal (FCV) foi importante e deu uma dimensão diferente à análise do comportamento da vegetação no Parque Nacional da Serra da Canastra - MG. Esse parâmetro aprimora a representação da variabilidade sazonal da vegetação local, o que ratifica a importância de considerar a sazonalidade dos parâmetros biofísicos da mesma.

As técnicas utilizadas mostraram-se eficazes no cumprimento dos objetivos propostos. A rápida saturação do NDVI em relação ao EVI a partir de certa fase de crescimento das plantas teve influência nos resultados.

Faz-se importante ressaltar o avanço das técnicas utilizadas na compreensão da dinâmica da vegetação, cada vez mais com maior nível de detalhamento e especificidades, relacionando os índices de vegetação com parâmetros biofísicos e auxiliando de forma concreta nas análises. A utilização de dados de Fração da Cobertura Vegetal e de satélites de alta resolução temporal é um exemplo pleno dessa constatação.

Como cita Torresan (2011), estes resultados podem ser aplicados para estabelecer um sistema de avaliação e monitoramento ambiental, porém esta metodologia tem de ser validada com dados *in situ*, pois os valores de NDVI utilizados para calcular a cobertura vegetal podem ser alterados, dependendo do comprimento da série temporal utilizada e da extensão da área de interesse.

Esta metodologia se mostra relevante, podendo ser adaptada para diferentes objetivos, tais como monitoramento de culturas e biomassa, análises da biodiversidade e melhorias na gestão ambiental de áreas protegidas, caso deste estudo.

Agradecimentos

À FAPEMIG, processo CAG-APQ 00285/11.

Referências bibliográficas

Eastwood J A, Yates M G., Thomson A G et al. The reliability of vegetation indices for monitoring saltmarsh vegetation cover. **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n. 18, p. 3901-3907, 1997.

EOEDU: Earth Observation for everyone. Satellites and Sensors. Spot. Disponível em: <<http://eoedu.belspo.be/en/satellites/spot.htm>>. Acesso em: 01, out. 2012.

Gao, Q., Li, Y., Wan, Y., Lin, E., Siong, W., Jiangcun, W., Wang, B. and Li, W. Grassland degradation in northern Tibet based on remote sensing data. **Journal of Geographical Sciences**, v. 13, n. 2, p. 165-173, 2006.

Huete, A.; Justice, C.; Van Leeuwen, W. **Modis Vegetation Index (MOD13) Algorithm Theoretical Basis Document**. NASA – Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 1996. 129p.

Jiménez-Muñoz, J.C.; Sobrino, J.A.; Plaza, A.; Guanter, L.; Moreno, J.; Martínez, P. Comparison between fractional vegetation cover retrievals from vegetation indices and spectral mixture analysis: Case study of PROBA/CHRIS data over an agricultural area. **Sensors**, v. 9, n. 2, p. 768–793, 2009.

Leprieur C, Kerr Y H, Mastorchio S et al. Monitoring vegetation cover across semi-arid regions: comparison of remote observations from various scales. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 2, 281-300, 2000.

National Aeronautics and Space Administration. Modis Web: Design Concept. Disponível em: <<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/design.php>>. Acesso em: 01, out. 2012.

Ramalho, M.F.J.L. “A aplicação do sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise ambiental - Vale Do Pitimbu/Rn”, in Anais - I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aracaju/SE, 17 e 18 de outubro de 2002.

Ribeiro, B. M. G.; Saito, É. A.; Korting, T. S.; Maeda, E. E.; Formaggio, A. R. Estudo da variância em imagens MODIS para diferentes classes de coberturas dos solos: estudo de caso em Querência - MT. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14, 2009, Natal – RN. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 1005 - 1012.

Rouse, J.W.; Haas (Jr.), R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Proc. ERTS-1 Symposium, 3, 1973, Greenbelt. Proceedings... Washington: NASA, 1974, v. 1, p. 309-317, 1973.

Soares, M. G. ; Lázaro, A. S. ; Ferreira, E. ; Conceicao, F. G. . Comparação dos NDVIs obtidos dos sensores MODIS/TERRA e Vegetation/SPOT para o Estado de Minas Gerais. In: IX Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2012, Londrina. IX Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2012. **Anais.**

Torresan, F. E. .Assessing vegetation coverage at the Sao Paulo state scale: A tool for aiding the decision making process. In: Maathuis, B.H.P.; Mannaerts, C.M.. (Org.). GEONETCast-DevCoCast Application Manual. GEONETCast-DevCoCast Application Manual. 1ed. Enschede: ITC, 2011, v. 1, p. 13-24.

Zeng, X., R.E. Dickinson, A. Walker, M. Shaikh, R.S. DeFries, and J. Qi, 2000: Derivation and evaluations of global 1-km fractional vegetation cover data for land modeling, **J. Appl. Meteor.** **39**, 826-839.