Estruturação de biblioteca de padrões temporais da cobertura da terra bacia hidrográfica do Rio das Almas (GO)

Alexandre Messias Reis¹ Glauber das Neves² Antonio Felipe Couto Jr.²

¹ Universidade de Brasília – UnB Instituto de Geociências Campus Universitário Darcy Ribeiro – Asa Norte CEP: 70910-900 Brasília, DF E-mail: alex.messias.reis@gmail.com

> ² Universidade de Brasília – Campus Planaltina CEP: 73300-000 Planaltina - DF, Brasil glauber.unb@gmail.com; afcj@unb.br

Abstract. The land cover changes have been intensified since 1950 in the tropical region, especially for the in Brazilian Cerrado, especially agropastoral activities. The understanding of the land cover dynamics has been boosted by the advances in orbital time series that allowed the identification of subtle changes, highlighting the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). In this context, this work aimed to characterize the temporal patterns of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and structure a temporal library of the Almas river basin. The natural coverings showed sinusoidal temporal patterns while the anthropic coverings showed low vegetation index and low seasonal values, with the exception of the agricultural areas due to the type of use, also presented lower maximum values in the rainy season inferior to the natural coverages. The structuring of the library of temporal patterns of land cover allows us to identify important patterns for future consideration of anthropogenic and natural coverages.

Palavras-chave: land cover change, time series, temporal signatures, mudança da cobertura da terra, séries temporais, assinatura temporal.

1.Introdução

A compreensão dos processos de mudanças da cobertura da terra e de pelas atividades humanas apresentam-se como importante fator para o sucesso da gestão dos recursos naturais (Lambin et al., 1999). Estudos indicam que as alterações antrópicas modificam a configuração espacial da cobertura da terra, gerando impactos diretos sobre os ecossistemas (Verbug et al., 2004).

Nas regiões tropicais essas modificações intensificaram desde a década de 1950, sendo que no Cerrado brasileiro, essas alterações mostram-se intensas relacionadas aos usos agropastoris, o que torna relevante a compreensão dessa dinâmica de ocupação para a gestão de seus recursos naturais (Jenpson, 2005; Brannstrom al., 2008). O conhecimento desses padrões de ocupação do Cerrado mostra-se vital para a manutenção de seu funcionamento, especialmente por se tratar da savana com a maior biodiversidade e heterogeneidade de paisagens dentre as savanas do mundo (Silva e Bates, 2002; Silva et al., 2006). Isso significa que a caracterização dos padrões sazonais de sua cobertura apresenta-se como importantes subsídios para a análise das modificações ecossistêmicas, especialmente devido à sua complexidade natural (Singh, 1989; Giri et al., 2005).

Dentre os avanços na direção de ampliação do monitoramento dos padrões da cobertura da terra no Cerrado, os sensores orbitais destacam-se por sua capacidade de acompanhar essas mudanças por meio da avaliação de parâmetros biofísicos, especialmente a vegetação (Galford et al., 2008). Nesse sentido, o desenvolvimento do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), com alta resolução temporal, foi um dos principais avanços para essa linha de pesquisa para a compreensão do funcionamento

ecossistêmico global (Justice et al., 2002). Esse sensor proporcionou a geração de medições da variabilidade espacial e temporal da cobertura vegetal pela integração do comportamento espectral e a atividade fotossintética por meio dos índices de vegetação Huete et al. (2002). No caso do bioma Cerrado, o sensor MODIS trouxe grande impulso para estudos fenológicos de culturas agrícolas (Couto Junior et al, 2012, 2013a, 2013b) e caracterização dos padrões de uso e ocupação da cobertura vegetal (Couto Junior et al., 2013c).

Contudo, esses progressos mostram-se diretamente relacionados ao tratamento dos efeitos atmosféricos e de calibração instrumental. De fato, desde a década de 1980 já eram observadas ações no sentido de tratar esses efeitos, principalmente, distúrbios atmosféricos e ângulo solar, em séries temporais de índices de vegetação (Van Dijk et al., 1987). Na década seguintes, esses tipos de tratamentos proporcionaram avanços no campo da medição da variabilidade fenológica por meio de imagens de satélite, segundo uma abordagem de monitoramento local e regional da cobertura vegetal (Reed et al., 1994).

Essas duas décadas inspiraram os avanços nessa área de tratamento de ruídos atmosféricos inerentes às séries temporais, como pode ser visto na proposta metodológica de (Carvalho Junior et al., 2012). Esses autores descreveram procedimentos simples para a atenuação das interferências presentes nas séries temporais contínuas e longas. É dentro deste contexto de avanços do sensoriamento remoto temporal aplicados ao monitoramento contínuo da cobertura vegetal que está inserido o presente trabalho. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivos caracterizar as assinaturas temporais da cobertura da terra da bacia do Rio das Almas e estruturar uma biblioteca de padrões temporais referenciais para essa bacia.

3. Materiais e Métodos 3.1. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio das Almas está localizada na região leste do estado de goiás e abrange parte dos munícipios do entorno do Distrito Federal, com destaque para Pirenópolis (GO) e Cocalzinho (GO). A região possui Neossolos Litólicos, em relevo predominantemente montanhoso e escarpado, e Latossolo vermelho-amarelo distrófico e em abundância em ambientes planos e bem drenados (Dos Anjos, 2008). O clima local é caracterizado por "Tropical de Savana" e possui precipitação média anual em torno de 1800 mm, com períodos de estiagem de Maio a Agosto (INMET, 2006).



Figura 1 – Localização da área de estudo da bacia hidrográfica do Rio das Almas (limite amarelo).

3.1. Obtenção e organização da série temporal do Sensor MODIS

Neste trabalho foi utilizado o índice de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), composto pela razão normalizada da reflectância entre das faixas do visível e infravermelho próximo, de acordo com a seguinte expressão Rouse (1973):

NDVI = $(\mu_{IVP} - \mu_{Ver}) / (\mu_{IVP} + \mu_{Ver})$

Onde μ_{IVP} são os valores de reflectância no infravermelho próximo e μ_{Ver} são representados pela reflectância na faixa do vermelho.

Para o emprego do índice de vegetação, foram utilizados dados de reflectância (vermelho e infravermelho próximo) oriundos do produto MOD09, que é corrigido para o espalhamento molecular, absorção de ozônio e aerossóis Vermote et al. (2002) e disponibilizado gratuitamente pela *National Aeronautic Space Administration* (NASA). Esse é caracterizado pela composição de reflectância referente aos intervalos de 08 dias, abrangendo o período compreendido entre 2000 e 2012, com resolução espacial de 250 metros.

Considerando o registro espacial dessas faixas espectrais, foram gerados dois cubos temporais (vermelho e infravermelho próximo) para o procedimento de álgebra de imagens para a geração de uma série de NDVI, por meio da equação apresentada acima, conforme proposta de Couto Junior et al. (2013).

3.2. Atenuação de ruídos da série temporal do sensor MODIS

Após a geração do cubo temporal foram procedidos tratamentos para a atenuação dos ruídos presente nesse tipo de série temporal, seguindo as etapas metodológicas propostas por Carvalho Junior et al. (2012):

- Aplicação de um filtro móvel de mediana: O filtro de mediana é um caso particular da i^{ésima} ordem estatística de uma série de números reais, utilizando uma janela móvel sobre a assinatura temporal, organizando as observações em ordem crescente, gerando o valor central da janela por meio de operações não lineares simples.
- 2) Separação da fração sinal pela transformação pela Fração Mínima de Ruído (FMR): A Fração Mínima de Ruído (FMR) é uma transformação semelhante à Análise de Componentes Principais (ACP), sendo linear, porém, maximiza a razão sinal/ruído para o ordenamento das imagens, segundo sua qualidade Green et al., (1988).
- 3) **Restituição dos dados para a escala original de NDVI**: Foi utilizada a transformação inversa FMR, que considera o ponto de inflexão dos autovalores e a qualidade das imagens. Essa transformação elimina a presença do ruído branco (não-correlacionados e com baixa variância), pois considera a fração sinal.

3.3. Estruturação da biblioteca temporal da cobertura da terra

Os resultados gerados pela sequência metodológica foram utilizados para a estruturação e caracterização das assinaturas espectrais dos principais tipos de cobertura da terra em dois grupos (Figura 2): 1) naturais (formações florestais, savânicas e campestres); 2) antrópicas (área urbana, agropastoril e irrigação).



Figura 2 – Localização dos pontos de coleta de amostras obtidos em função de imagens de alta resolução disponibilizados pelo complemento *Open Layers Plugin*, disponível no QGIS.

Após a estruturação dessa biblioteca temporal, as assinaturas temporais indicadas foram descritas em função de suas amplitudes. Para essa caracterização foram realizadas coletas de 30 pontos de controle para cada classe, considerando a base de dados de alta resolução espacial disponibilizada pelo complemento *Open Layers Plugin*, disponível no aplicativo QGIS (http://www.qgis.org).

4. Resultados e Discussões

4.1. Resultado da atenuação de ruídos da série temporal do sensor MODIS

Os ruídos atmosféricos puderam ser observados pelas picos e quedas acentuadas, representando, respectivamente, áreas cobertas por nuvens e sombras (Figura 2). Observou-se que o filtro de mediana reduziu as feições pontiagudas, gerando feições retilíneas. A transformação inversa do FMR possibilitou a geração de curvas suavizadas considerando as 20 componentes da fração sinal.



Figura 3 – Perfil esquemático dos padrões temporais desde os dados brutos e sem tratamento (linha pontilhada), após a aplicação do filtro de mediana (linha tracejada) até a aplicação da transformação MNF inversa (linha preta).

4.2. Resultados da estruturação da biblioteca temporal

Em relação aos valores dos médios dos padrões temporais do NDVI, observou-se um gradiente decrescente de produção de biomassa e atividade fotossintética: formação florestal apresentou (0,75) > formação savânica (0,6) > área irrigada por pivô central (0,55), formação campestre (0,5), agropecuária (0,4) e a área urbana (0,3). Considerando a amplitude sazonal: agropecuária (40%) > área irrigada por pivô central (35%) > formação savânica (30%) > formação campestre (25%) > formação florestal (20%) > a área urbana (15%).



Figura 4 – Biblioteca temporal dos padrões temporais da cobertura natural (Campestre, Savânica e Florestal) e da cobertura antrópica (Agropecuária, Irrigação por Pivô Central e Área Urbana)

5. Conclusão

A construção de biblioteca de assinaturas temporais a partir do índice de vegetação normalizada mostra-se importante para o entendimento do funcionamento da paisagem e monitoramento do uso do solo, possibilitando a caracterização de cada tipo de cobertura a partir de suas variações sazonais através do tempo. Observa-se que as maiores variações são em relações as formações savânicas e campestres que tiveram quedas bruscas de produção de biomassa em alguns períodos específicos podendo ser devidos a problemas climáticos, além da formação campestre no mesmo período ter tido um pico, podendo estar relacionado também além dos problemas climáticos a uma possível utilização para fins agropastoris. Estes resultados podem subsidiar a produção agrícola e gestão dos recursos naturais.

Referências Bibliográficas

Brannstrom, C. et al. Land change in the Brazilian savanna (Cerrado), 1986-2002: comparative analysis and implication for land-use policy. Land Use Policy, v. 25, p.579-595, 2008.

Carvalho Junior, O.A.; Hermuche, P.M.; Guimarães, R.F. Identificação regional da floresta estacional decídua na bacia do rio Paranã a partir da análise multitemporal de imagens MODIS. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 24(3), p.319-332, 2006.

Carvalho Junior, O.A. et al. Combining noise-adjusted principal components transform and median filter techniques for denoising MODIS temporal signatures. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 30(2), p.147-157, 2012.

Couto Junior, A.F. et al. Tratamento de ruído e caracterização de fisionomias do Cerrado utilizando séries temporais do sensor MODIS. **Revista Árvore**, v. 35(3), p.699-705, 2011.

Couto Junior, A.F., Carvalho Junior, O.A.; Martins, E.S. Séries temporais MODIS aplicadas em sucessão de culturas de soja (*Glycine max* (L.) Merril) e Milho (*Zea mays* L.) em sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64(3), p.405-418, 2012.

Couto Junior, A.F., Carvalho Junior, O.A.; Martins, E.S. Séries temporais de NDVI, EVI e NDWI do sensor MODIS para a caracterização fenológica do algodão. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 65(1), p.199-210, 2013^a.

Couto Junior, A.F. et al. Phenological characterization of coffee crop (*Coffea arabica* L.) from MODIS time series. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 31(4), p.569-578, 2013b.

Couto Junior, A.F. et al. Characterization of the agriculture occupation in the Cerrado biome using MODIS time series. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 31(3), p.393-402, 2013.

Dos Anjos, H. O. Avaliação de riscos ambientais na delimitação de áreas potenciais para Corredores Ecológicos na sub-bacia hidrográfica do Rio das Almas (Goiás). Tese de doutorado em Ciências Florestais, 2008.

Galford, G. et al. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p.576-587, 2008.

Giri, C.; Zhu, Z.; Reed, B. A comparative analysis of the Global Land Cover 2000 and MODIS land cover data sets. **Remote Sensing of Environment**, v.94, p. 123-132, 2005.

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

Justice, C.O. et al., An overview of MODIS land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p.3-15, 2002.

Singh, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. International Journal of Remote Sensing, v.10, p. 89-1003, 1989.

Van Dijk. et al. Smoothing vegetation index profile: an alternative method for reducing radiometric disturbance in NOAA/AVHRR data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 53(8), p.1059-1067, 1987.

Verbug, P. et al. Landscape level analysis of the spatial and temporal complexity of land-use change. In: Defries, R.; Asner, G.; Houghton, R. **Ecosystems and Land Use Change**. v. 1 p. 217-230, 2004.