

ANÁLISE COMPARATIVA DO NDVI EM FITOFISIONOMIAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MARCOS

COMPARATIVE ANALYSIS OF NDVI IN PHYSIOGNOMIES ON SÃO MARCOS RIVER BASIN

Aline Biasoli Trentin
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
abtrentin@gmail.com

Dejanira Luderitz Saldanha
Universidade Federal do Rio Grande Sul - UFRGS
dejanira.saldanha@ufrgs.br

Tatiana Mora Kuplich
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais ó CRS/INPE
tmk@dsr.inpe.br

RESUMO

Este trabalho objetivou a comparação da fenologia de fitofisionomias de cerrado e classes de cobertura da terra utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Bacia Hidrográfica do rio São Marcos. As etapas de trabalho foram: (1) identificação espacial de cada classe de cobertura da terra utilizando o mapa de vegetação PROBIO; (2) vetorização de amostras em cada uma das áreas; (3) extração das médias de NDVI para todas as cenas MODIS entre os anos 2001 e 2011 e (4) elaboração dos gráficos da série temporal para cada fitofisionomia e classe de cobertura da terra. Os resultados mostraram semelhança na distribuição sazonal do NDVI para as áreas de savana parque e gramíneo-lenhosa, sendo que as diferenças anuais se dão em função da época chuvosa ou seca. A área de agricultura apresentou diferença anual mais abrupta devido à ocorrência de monocultura. Na área de atividade pecuária ocorreu diferença sazonal em função das épocas chuvosa e seca, e alteração para valores maiores de NDVI a partir do ano 2005, possivelmente pela inserção de pastagem plantada no local. A utilização do NDVI permitiu a comparação entre a fenologia das fitofisionomias e o entendimento da dinâmica de cobertura da terra que ocorre na área de estudo.

Palavras-chave: Dinâmica da cobertura da terra, índice de vegetação, série temporal, NDVI, MODIS.

ABSTRACT

This work aimed to compare the phenology of cerrado physiognomies and classes of land cover classes using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) on São Marcos river basin. Work steps were: (1) identification of each type of land cover class using the PROBIO vegetation map as reference; (2) vectorization of the land cover samples; (3) NDVI values sampling and averaging for all MODIS scenes between 2001 and 2011 and (4) development of time series plots for each class. The results showed similarity in seasonal distribution of NDVI for the savannah physiognomies, with annual differences due to the rainy or drought seasons. The agriculture samples showed marked annual differences due to the occurrence of monoculture and the cycles of seed. In the area of pasture for cattle grazing the seasonal differences also occurred in function of the rainy and dry seasons. Changes in the NDVI values for 2005 were possibly due to insertion/planting of a different pasture type in the area. The use of NDVI allowed the comparison between phenology of the physiognomies and allowed the understanding of the land cover dynamics that occurs in the study area.

Keywords: Land cover dynamics, vegetation index, temporal series, NDVI, MODIS.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com os dados do Quarto Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) (2007), as mudanças no uso da terra podem ocasionar o aumento das emissões de gases do efeito estufa e o manejo adequado da utilização da terra é uma das formas de controle para esse aumento. Além disso, considera-se que ecossistemas que aumentam a produtividade da biomassa e o sequestro de carbono, bem como a melhoria das tecnologias de sensoriamento remoto e mapeamento da mudança no uso da terra, são úteis para as práticas de mitigação das emissões de gases do efeito estufa (IPCC, 2007).

O papel dos ecossistemas terrestres quanto às questões do aumento da quantidade de carbono lançado na atmosfera está sendo alvo de grandes estudos e interesse pela comunidade científica e autoridades governamentais. O debate mundial relacionado ao processo de aquecimento global, que em grande parte é causado cada vez mais pela intensificação das atividades humanas devido à apropriação dos recursos naturais (IPCC, 2001; Greenpeace, 2006), é um dos principais focos relacionado a este interesse.

De acordo com Lambin et al. (2001) o uso da terra e as mudanças na cobertura da terra em aspectos globais, têm significativo efeito no funcionamento do sistema terrestre. Mudanças de uso e cobertura da terra têm sido usadas extensamente em balanços globais do carbono antropogênico, que envolvem um grau de complexidade muito grande e representam o conhecimento de como os ecossistemas terrestres trabalham e como eles respondem ao clima, uso da terra e mudanças climáticas (Fearnside e Guimarães, 1996; Alves et al., 1997).

O ciclo de carbono da biosfera terrestre pode afetar os níveis de CO₂ na atmosfera e tornar-se importante para o sistema climático (IPCC, 2007), pois as trocas de CO₂ entre superfície-atmosfera relacionadas à vegetação representam o equilíbrio desses sistemas. O carbono absorvido no processo de fotossíntese pela vegetação é estocado na biomassa e em materiais que se acumulam no solo. Quando a vegetação é submetida ao processo de queima ou mesmo desmatada, o carbono acumulado é convertido em CO₂ e atua como fonte de emissão para a atmosfera (Anderson e Shimabukuro, 2007; Korn et al., 2007; Ramankutty et al., 2007).

A expansão das atividades agrícolas visando o desenvolvimento econômico tem se mostrado uma das principais formas na transformação dos ecossistemas. Neste estudo se destaca o bioma cerrado, que ocupa uma área de aproximadamente 2.039.386 km² (MMA e IBAMA, 2011) e se tornou um dos mais notados biomas convertidos pela expansão das atividades agrícolas.

Atualizações constantes sobre a dinâmica da cobertura da terra permitem acesso a informações sobre áreas com diversos interesses. A tecnologia de geoprocessamento incluindo o sensoriamento remoto e a distribuição espacial de dados quantitativos georreferenciados permite a determinação dos padrões espaciais e temporais dos diversos usos e cobertura do solo, constituindo uma ferramenta importante para o planejamento ambiental e o desenvolvimento socioeconômico. É uma técnica que fornece subsídios para o monitoramento constante da superfície terrestre, gerando dados contínuos no tempo e no espaço. Promove ainda uma abordagem ao longo do tempo, com a geração e tratamento de assinaturas temporais de índices de vegetação associados à produção de biomassa e de estoque de carbono.

O sensoriamento remoto fornece dados valiosos para a identificação e descrição de ecossistemas em escalas regionais e globais (Paruelo et al., 2001; Sun et al., 2008). Imagens coletadas remotamente e seus produtos derivados podem auxiliar na compreensão da dinâmica sazonal da vegetação (Liang e Schwartz, 2009), estimativa da cobertura da terra e as mudanças em diferentes escalas espaciais (IPCC, 2001).

O mapeamento de uso da terra com imagens de satélite oferece como principal vantagem a possibilidade de análises temporais de acordo com as necessidades de cada estudo. A precisão de cada mapeamento, porém, depende da identificação correta da resposta espectral de cada alvo nas imagens, sendo que esta informação pode ser diferente ao considerar épocas distintas (Anderson e Shimabukuro, 2007).

A interação que acontece entre os dosséis vegetais e a energia eletromagnética no processo da fotossíntese está relacionada diretamente com a forma de registro dessas fisionomias pelos instrumentos de

sensoriamento remoto (Jensen, 2009). Cada fisionomia vegetal tem sua característica e estrutura e, portanto, respondem de forma diferente à disponibilização dos componentes envolvidos no processo de fotossíntese.

Como as relações entre os dados de campo e os dados remotos muitas vezes não são diretas, dada a complexidade das interações da radiação eletromagnética (REM) com dosséis vegetais, foram criados índices que realçam as diferenças entre a grande absorção da REM na região visível do espectro e a reflectância na região do infravermelho próximo (Ponzoni e Shimabukuro, 2009). Estes índices minimizam a variabilidade causada por fatores externos à vegetação e servem como indicadores do crescimento e vigor da vegetação verde (Jensen, 2009).

O avanço na utilização de imagens de satélite para obtenção de dados com maior exatidão favorece estudos relacionados a superfície ocupada e suas modificações, dados biofísicos da vegetação, entre outros (Brizuela e Milera, 2003). Para a determinação de padrões espaciais/temporais e monitoramento da vegetação em escalas regionais (Anderson e Shimabukuro, 2007), destaca-se a utilização dos produtos do sensor MODIS (*MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo das plataformas TERRA e AQUA, que disponibiliza dados gratuitos e com alta periodicidade. Este sensor registra dados em bandas espectrais planejadas para o desenvolvimento de produtos capazes de fornecer informações específicas da superfície terrestre e atmosfera.

Em estudos relacionados a vegetação apresenta entre seus dados o produto MOD13, que contém o índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), disponibilizado a cada 16 dias com resolução espacial de 1 km, 500 m e 250 m (Latorre et al., 2007; Soares et al., 2007). O NDVI é calculado a partir da relação entre as reflectâncias do infravermelho próximo e vermelho ($NDVI = (I_{VP} - V) / (I_{VP} + V)$), resultando em valores entre -1 (ausência de vegetação) e +1 (alto vigor da vegetação). Este é um dos índices mais utilizados para o monitoramento da vegetação, uma vez que permite avaliações sazonais e interanuais com a detecção de mudanças fenológicas na vegetação (Ponzoni e Shimabukuro, 2009), elimina diferenças sazonais do ângulo de elevação solar minimizando efeitos da atenuação atmosférica (Jensen, 2009; Latorre et al., 2007).

Estudos relacionados a cobertura da terra, fenologia e estoque de carbono pela vegetação demonstram a grande utilização do NDVI. Anderson e Shimabukuro (2007) empregaram o NDVI a fim de registrar a fenologia e a sazonalidade da vegetação para o Estado do Mato Grosso, utilizando correlações com amostras de diferentes formações vegetais e precipitação. Em outro trabalho, Pereira e Gontijo (1993) identificaram unidades fitofisiográficas na Serra do Cipó-MG correlacionando dados de índices de vegetação com tipos de solo e relevo.

Nesse sentido, se destaca a avaliação de espectros temporais que detecta e caracteriza variações fenológicas na vegetação. Por isso, o objetivo deste trabalho concentra-se em comparar as fitofisionomias encontradas na Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos, situada entre os estados de Goiás e Minas Gerais, considerando o comportamento temporal do NDVI.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi iniciado com a busca das imagens do sensor MODIS ó produto MOD13Q1, as quais foram adquiridas no *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP DAAC)/NASA onde são disponibilizadas gratuitamente. Utilizou-se 230 cenas correspondentes ao dado de NDVI, distribuídas entre os anos de 2001 e 2011 (23 cenas por ano), com o propósito de analisar a temporalidade dos dados para o recorte espacial correspondente a Bacia Hidrográfica do rio São Marcos.

As imagens NDVI têm resolução espacial de 250 metros e resultam de um mosaico de pixels escolhidos entre as imagens diárias em um tempo de dezesseis dias, objetivando extrair pixels com melhor qualidade (sem interferência de nuvens, ruídos) (Latorre, et al., 2007). Para modificar o formato dos arquivos (*.hdf para *.tif) e atribuir a uma projeção cartográfica, as imagens foram pré-processadas no *software*

MRTTools e posteriormente incorporadas em banco de dados no aplicativo Spring 5.1.8.

No banco de dados no aplicativo Spring foi incorporado o mapa de vegetação disponibilizado pelo PROBIO (Figura 1 A). Com este dado foi possível localizar cada fitofisionomia (savana gramíneo-lenhosa (campo limpo de cerrado), savana parque (campo sujo de cerrado), agricultura e pecuária) e determinar os locais de amostragem aleatoriamente (considerando uma amostra para cada fitofisionomia). As amostras de savana parque, gramíneo-lenhosa e de pecuária foram identificadas a partir da chave de interpretação para o mapeamento do cerrado do PROBIO (MMA, 2007), sendo escolhido para a pecuária um padrão entre savana gramíneo-lenhosa e pastagem cultivada. A amostra de agricultura foi identificada em função da ocorrência de pivô central na área de estudo verificada por meio da imagem Landsat 5 TM (Figura 1 B).

Após a escolha dos locais de amostragem foi realizada a vetorização das amostras (com aproximadamente 30 pixels cada uma), a fim de identificar a média do NDVI para cada classe de cobertura da terra e fitofisionomia de cerrado. A média de cada amostra para cada uma das cenas MODIS que compõe a série temporal neste trabalho foi extraída utilizando estatísticas descritivas na ferramenta de análise exploratória de dados contida no aplicativo Spring.

Os valores das médias retiradas no aplicativo Spring foram plotados em tabela Excel onde se elaborou gráficos com o comportamento temporal do NDVI para cada fitofisionomia e classe de cobertura da terra. Por fim, foi calculada a média simples e o desvio padrão por cena em cada amostra para toda a série temporal. Com os dados foram elaborados gráficos de média e desvio padrão.

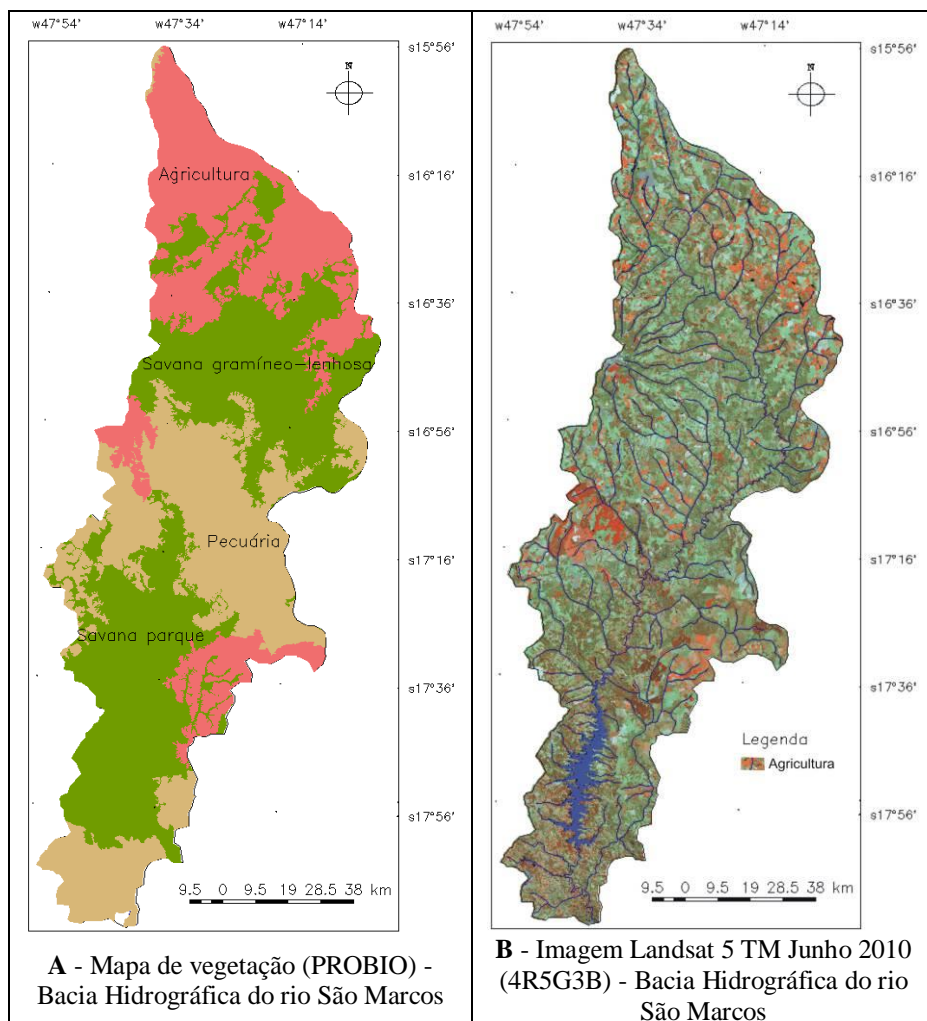


Figura 1 - Mapa de vegetação (PROBIO) e Imagem Landsat 5 TM utilizados para identificar os locais de amostragem e a separabilidade das classes na Bacia Hidrográfica do rio São Marcos.

2.1. Área de Estudo

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio São Marcos (Figura 2) - área de captação do reservatório do Aproveitamento Hidrelétrico Serra do Facão (AHE Serra do Facão). A bacia hidrográfica possui uma área de aproximadamente 12.000 km² dentro do bioma cerrado e abrange nove municípios. Seis localizados no estado de Goiás (Catalão, Cristalina, Campo Alegre de Goiás, Davinópolis, Ipameri e Ouvidor) e três no estado de Minas Gerais (Guarda-Mor, Paracatu e Unaí). A população residente nos municípios que estão inseridos na área de estudo é de 340.393 habitantes, sendo 171.545 nos municípios que se localizam no estado de Goiás e 168.848 em Minas Gerais (IBGE, 2010).

Para Silva et al. (2006), o Estado de Goiás apresenta um clima tropical, com duas estações bem definidas, uma chuvosa (outubro a abril) e outra seca (maio a setembro). A média anual da pluviosidade está em torno de 1.532 mm, sendo que 95% das chuvas ocorrem na estação chuvosa. A temperatura do ar apresenta maiores índices térmicos nos meses de agosto e setembro, enquanto as temperaturas mínimas ocorrem nos meses de junho e julho.

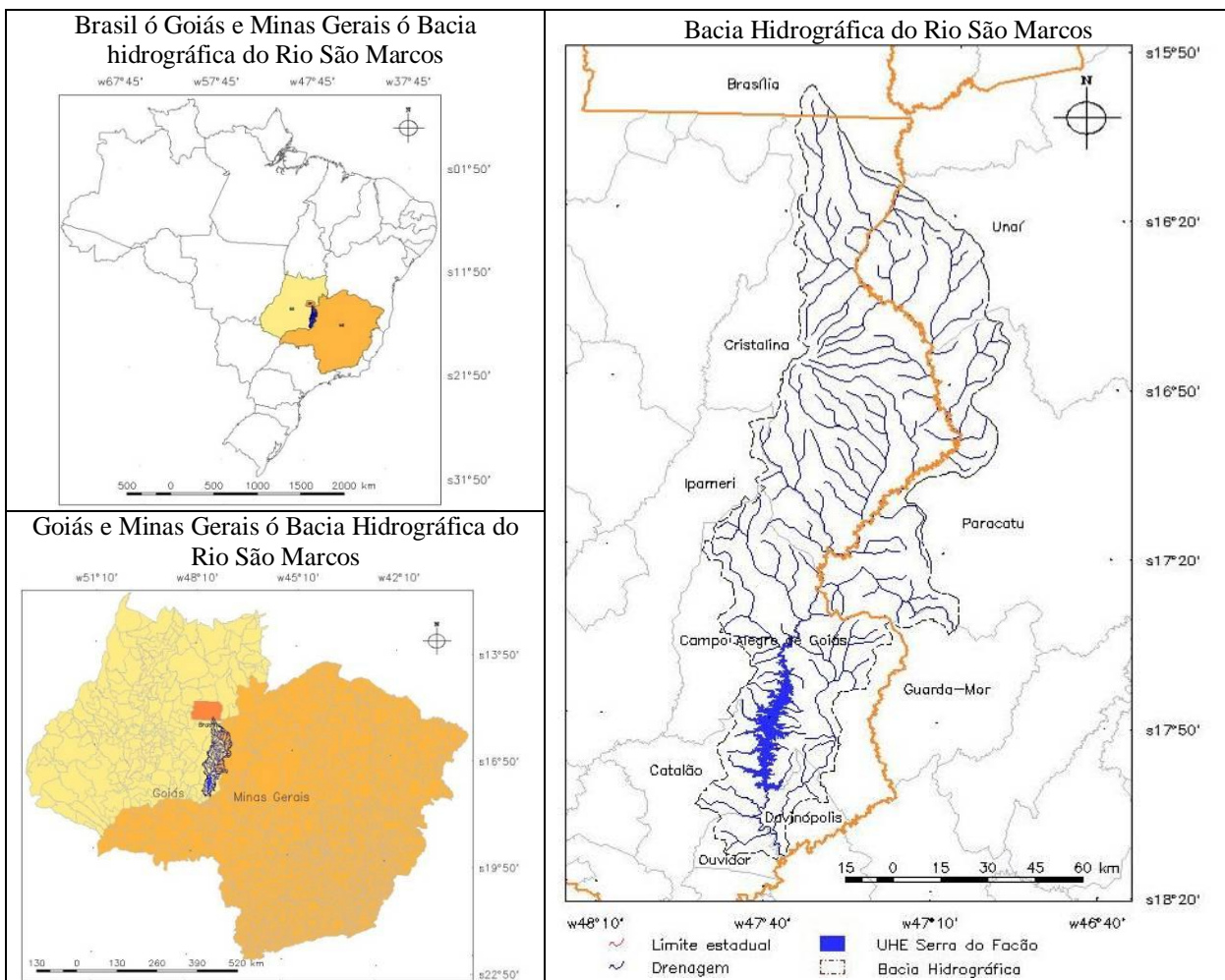


Figura 2 - Localização da área de estudo - bacia hidrográfica do rio São Marcos.

De acordo com dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 metros obtidos no Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil ó Projeto TOPODATA (INPE), o relevo na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos apresenta altitudes superiores a 600 metros e declividades que variam de planas a escarpadas, esta última encontrada no entorno dos canais de drenagem. A morfologia do terreno observada a partir do Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás (Latrubesse e Carvalho, 2006), concentra os seguintes sistemas geomorfológicos: superfícies regionais de aplainamento (cotas entre 900 e 1100m) com dissecação fraca, média e forte, zonas de erosão recuante com dissecação média e forte, além de estrutura dômica com dissecação fraca.

Em relação ao solo, conforme o mapa de solos disponibilizado pelo MMA/IBGE (2001) em escala 1:5.000.000, encontram-se na bacia hidrográfica cinco tipos de solos (classificados até o 2º nível categórico): (a) Plintossolo Pétrico ó apresentam concreções e geralmente tem boa drenagem; (b) Cambissolo Háplico ó tem grande variação de profundidade, a drenagem varia de acentuada a imperfeita e muitas vezes são pedregosos ou rochosos; (c) Latossolo Vermelho-Amarelo - são profundos, com boa drenagem e normalmente baixa fertilidade natural; (d) Latossolo Vermelho - geralmente com grande profundidade, homogêneos, de boa drenagem e baixa fertilidade natural; (e) Neossolo Litólico ó constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso, ocorrendo nos relevos mais escarpados (IBGE, 2007; EMBRAPA, 2006).

No levantamento da fitofisionomia vegetal do PROBIO (MMA, 2007) em escala 1:5.000.000, predominam na bacia hidrográfica do Rio São Marcos vegetação de Savana (Parque e Gramíneo-Lenhosa), ocupando área de aproximadamente 5.333 km², Agricultura (3.189 km²) e Pecuária (3.522 km²). A vegetação de savana inclui áreas abertas ou com pouca vegetação caracterizada por um estrato arbustivo distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso (IBGE, 2006). Nas áreas de agricultura destaca-se a produção de grãos principalmente da soja, cultivada em grande parte em lavouras com pivô central de irrigação (Matos e Pessôa, 2012). A atividade pecuária é desenvolvida sobre pastagem cultivada e nativa, esta última muitas vezes incluída nos remanescentes do cerrado (Sano e Ferreira, 2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico resultante da série temporal do NDVI correspondente a agricultura (Figura 3) mostra a ocorrência de padrões semelhantes para todo o período, com valores máximos no verão e mínimos no inverno, perfazendo ciclos. Este padrão pode ser explicado pela ocorrência dominante de apenas uma espécie vegetal anual por atividade de monocultura (Ferreira et al., 2006), como a soja que é cultivada em grande parte da área, e apresenta a fase de plantio e crescimento no verão, senescência no outono e interrupção do cultivo no inverno e primavera (Ferreira e Huete, 2004).

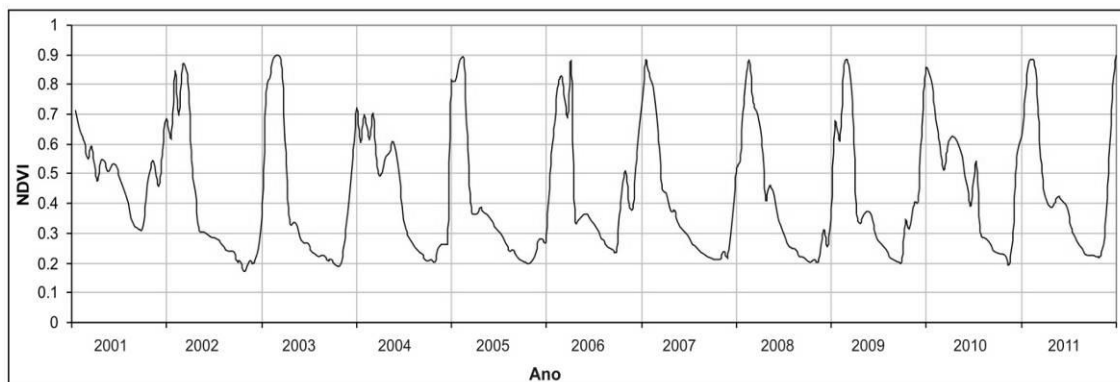


Figura 3 - Gráfico da série temporal NDVI para a classe de cobertura da terra agricultura na bacia hidrográfica do rio São Marcos.

Em relação à série temporal NDVI para a pecuária, o gráfico (Figura 4) apresenta o mesmo padrão para todos os anos, semelhante ao encontrado para a agricultura, com máximo NDVI no verão e mínimo no inverno. No entanto, quando comparados os valores de toda a série são encontrados dois padrões delimitados pelos anos 2004/2005. Até o ano de 2004 os valores mínimos e principalmente os valores máximos de NDVI são menores quando comparados aos valores identificados a partir de 2005. Este comportamento pode estar relacionado com a implantação de pastagem plantada sobre a vegetação nativa, que elevaria o NDVI, como demonstrado no trabalho de (Ferreira e Huete, 2004).

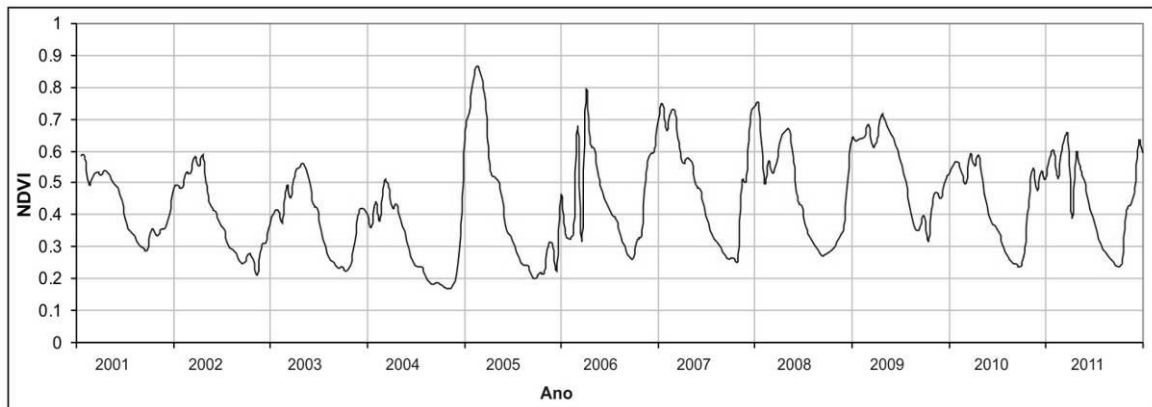


Figura 4 - Gráfico da série temporal NDVI para a classe de cobertura da terra pecuária na bacia hidrográfica do rio São Marcos.

O comportamento temporal do NDVI para as áreas de savana gramíneo-lenhosa (Figura 5) e savana parque (Figura 6) foi semelhante, apresentando valores menores do que as classes de cobertura da terra agricultura e pecuária. Quando comparadas as quatro fitofisionomias, as savanas apontaram menor variação entre os valores mínimos e máximos de NDVI. Provavelmente, esta característica se manifesta por se tratar de áreas com vegetação nativa, que apresentam uma dinâmica de resposta do NDVI mais lenta, com menor oscilação da média anual em relação às áreas antropizadas (Carvalho Jr. et al, 2008).

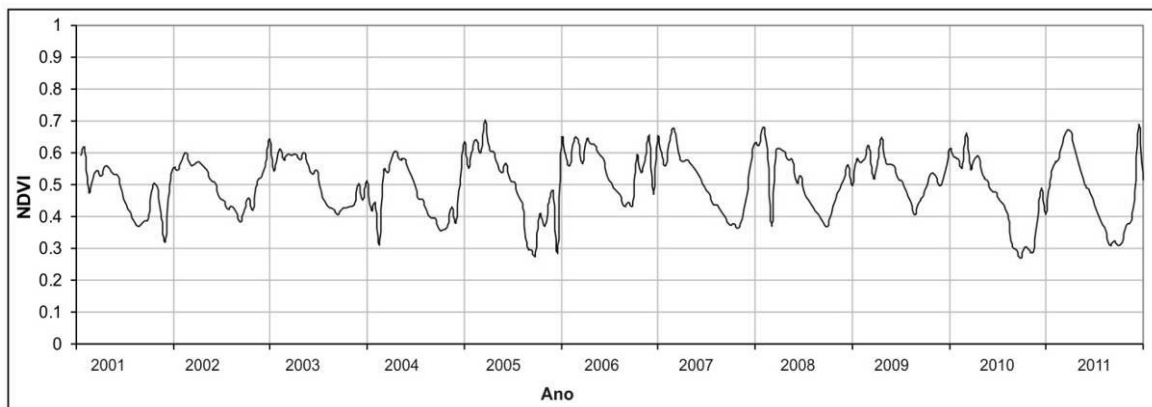


Figura 5 - Gráfico da série temporal NDVI para a fitofisionomia de savana gramíneo-lenhosa na bacia hidrográfica do rio São Marcos.

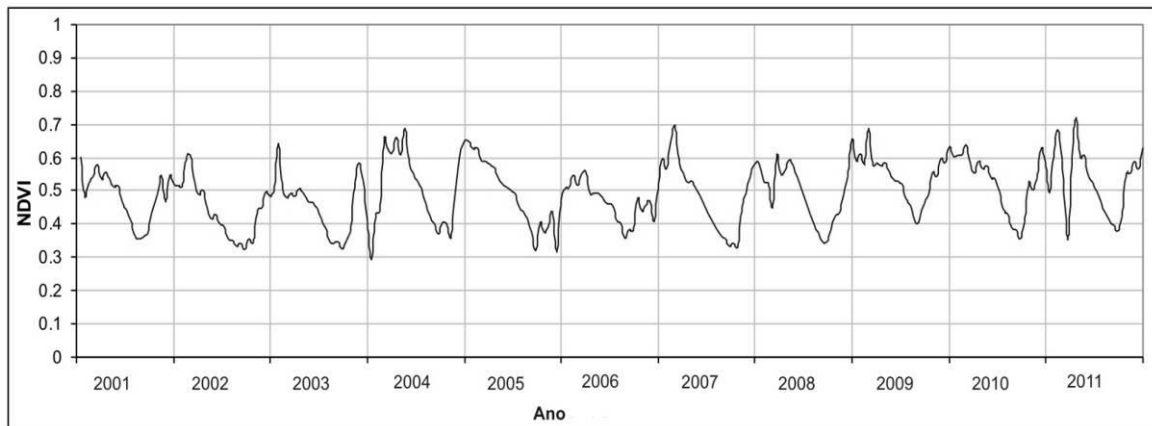


Figura 6 - Gráfico da série temporal NDVI para a fitofisionomia de savana parque na bacia hidrográfica do rio São Marcos.

Os resultados do NDVI para as fitofisionomias da área de estudo demonstraram similaridade com o trabalho desenvolvido por Ratana et al. (2005), que encontrou sazonalidade bem pronunciada nos perfis temporais de índice de vegetação (NDVI e EVI), com valores altos na estação chuvosa e menores na estação seca. Como evidenciado por Ferreira e Huete (2004) analisando o NDVI, essa diferença sazonal é indicativa da alta atividade fotossintética e acumulação de biomassa em meses chuvosos e de déficit hídrico com baixa biomassa verde no período de estiagem.

No gráfico de média e desvio padrão referente à agricultura (Figura 7), pode ser observada a grande diferença entre os primeiros meses do ano (valores altos) e os meses de inverno (valores baixos). Este rápido decréscimo nos valores do NDVI pode ser atribuído ao pico de desenvolvimento das culturas de verão em fevereiro, e após a colheita, preparação do solo no inverno (Ferreira e Huete, 2004). O desvio padrão responde justamente com maior oscilação nas épocas de colheita (março/abril) e plantio (outubro/novembro).

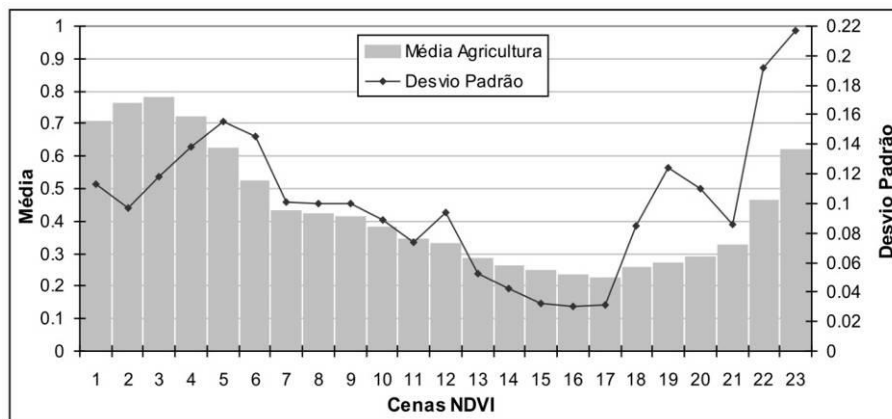


Figura 7 - Média simples e desvio padrão da série temporal NDVI (intervalo de 16 dias) para a classe de cobertura da terra agricultura.

Para os gráficos da área correspondente a atividade de pecuária (Figura 8) e das áreas remanescentes de cerrado, savana gramíneo-lenhosa e parque (Figura 9 e 10, respectivamente), apresentaram médias de NDVI semelhantes e valores máximos menores do que a agricultura. Em relação aos valores mínimos, a área de pecuária mostrou valores semelhantes à agricultura, enquanto nas áreas de savana os valores mínimos foram mais elevados. Este resultado se assemelha ao exposto por Canavesi et al. (2005), mostrando a menor oscilação do NDVI em áreas nativas, com resposta mais lenta associada às condições sazonais de déficit hídrico, e não pela implantação e retirada da vegetação, como no caso da agricultura ou pastagem plantada.

Este contraste entre classes de cobertura da terra e a vegetação nativa também pode ser observado no

comportamento do desvio padrão, onde os dados estão dispostos em dois grupos, um correspondente a agricultura e pecuária, e outro às classes de vegetação nativa, que apresentam menores variações.

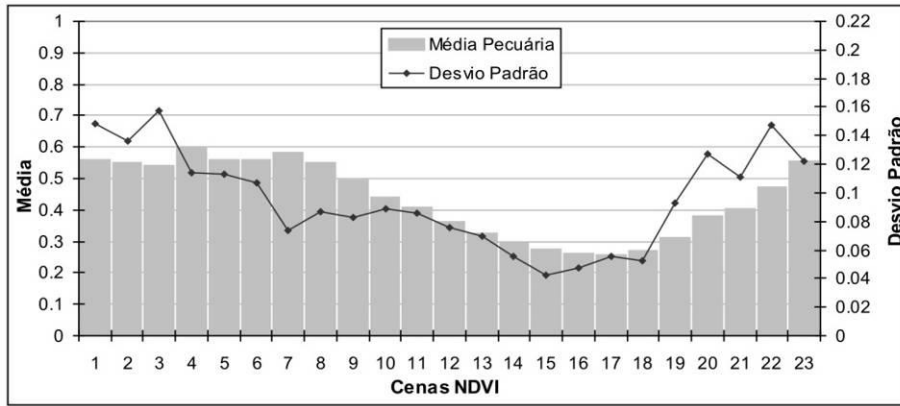


Figura 8 - Média simples e desvio padrão da série temporal NDVI (intervalo de 16 dias) para a classe de cobertura da terra pecuária.

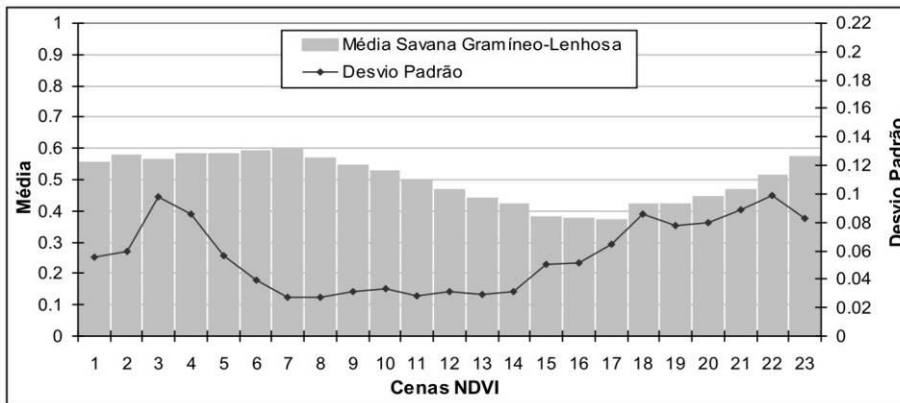


Figura 9 - Média simples e desvio padrão da série temporal NDVI (intervalo de 16 dias) para a fitofisionomia de savana gramíneo-lenhosa.

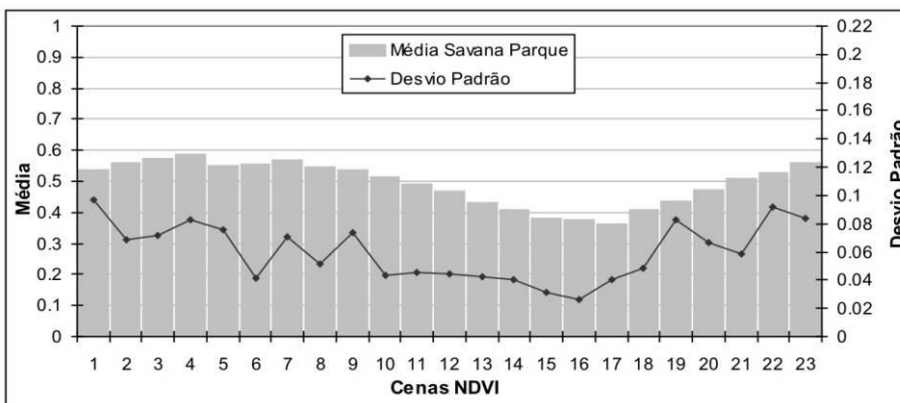


Figura 10 - Média simples e desvio padrão da série temporal NDVI (intervalo de 16 dias) para a fitofisionomia de savana parque.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o objetivo proposto, a avaliação das médias de NDVI, obtido do sensor MODIS, ao longo de uma série temporal de 10 anos permitiu diferenciar a sazonalidade da vegetação. Os resultados permitiram comparações entre as fitofisionomias do cerrado e as atividades de pecuária e agricultura. Destacaram-se as variações sazonais interanuais e ao longo da série temporal, bem como a interferência nos valores de NDVI com a implantação e retirada da vegetação (no caso de culturas e pastagem).

A metodologia utilizada para este trabalho demonstrou o potencial dos dados do sensor MODIS, mesmo apresentando média resolução espacial, pois fornece dados para estudos de dinâmica temporal e espacial da cobertura da terra e vegetação. Para estudos futuros a utilização de dados de sensores de maior resolução espacial e a realização de trabalhos de campo vão possibilitar o aprofundamento das questões apresentadas aqui.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, D. S. et al. 1997. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western Brazilian Amazon. *Global Change Biology*, v. 3, n. 5, p. 451-461.
- Anderson, L. O.; Shimabukuro, Y. E. 2007. Monitoramento da cobertura terrestre: fenologia e alterações antrópicas. In: *Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil*. B. F. T. Rudorff; Y. E. Shimabukuro; J. C. Ceballos. (Org.). Editora Parêntese, São José dos Campos, p. 185-206.
- Brizuela, A. B.; Milera, S. G.. 2003. Actualización de la superficie forestada en cuatro Departamentos de la Provincia de Entre Ríos. *Revista Científica Agropecuaria*, v. 7, n. 1, p. 45-50.
- Canavesi, V., et al.. 2005. Dinâmica espectro-temporal MODIS em região de Cerrados e intenso uso agropecuário. *Anais... XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto ó Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Goiânia*, p. 1435-1442.
- Carvalho JR. et al.. 2008. Classificação de padrões de savana usando assinaturas temporais NDVI do sensor MODIS no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 26, n. 4, p. 505-517.
- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. 2006. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2 ed. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, 306 p.
- Fearnside, P. M.; Guimarães, W. M. 1996. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazônia. *Forest Ecology and Management*, v. 80, n. 1-3, p. 35-46.
- Ferreira, L. G.; Huete, A. R. 2004. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, v. 25, n. 10, p. 1837-1860.
- Ferreira, M. E., et al.. 2006. Análise comparativa dos produtos MODIS Ecologia para o monitoramento biofísico ambiental do Bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 24, n. 2, p. 251-260.
- Greenpeace. 2006. *Mudanças do Clima, Mudanças de Vidas: Como o aquecimento global já afeta o Brasil*. Greenpeace Brasil. São Paulo. 35 p.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. 2006. *Manual Técnico de Uso da Terra*. 2 ed. IBGE, Rio de Janeiro. 91 p.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. 2007. *Manual Técnico de Pedologia*. 2 ed. IBGE, Rio de Janeiro. 316 p.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. 2010. *Censo Demográfico 2010: Resultados Preliminares do Universo*. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em <sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010rpu.asp?o=4&i=P>. Acesso em 24/04/2012.
- IPCC ó Painel Intergovernamental Sobre Mudanças do Clima. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Third Assessment*

Report. Disponível em <grida.no/publications/other/ipcc_tar/>.

IPCC ó Painel Intergovernamental Sobre Mudanças do Clima. 2007. Mudança do Clima 2007: A Base das Ciências Físicas ó Sumário Para os Formuladores de Políticas.

Jensen, J. R. 2009. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução: Epiphânio, J. C. N. et al. Parêntese, São José dos Campos. 598p.

Korn, H. et al. 2007. Opções de mitigação e de adaptação a mudança climática: conexões com a biodiversidade e impactos sobre a biodiversidade. In: Inter-relações entre biodiversidade e mudanças climáticas. Tradução: Ana Lúcia Lemos de Sá. MMA, Brasília. p. 79-137.

Lambin, E. F. et al. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, v. 11, n. 4, p. 261-269.

Latorre, M. L., et al. 2007. Produtos para ecossistemas terrestres ó MOD-LAND. In: Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil. Rudorff B. F. T.; Shimabukuro Y. E.; Ceballos J. C. (Org.). Editora Parêntese, São José dos Campos. p. 23-35.

Latrubesse, E.M.; Carvalho, T.M. 2006. Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, Goiânia. 132 p.

Liang L.; Schwartz M.D. 2009. Landscape phenology: an integrative approach to seasonal vegetation dynamics. *Landscape Ecology*, v. 24, n. 4, p. 465-472.

Matos, P. F.; Pessôa, V. L. S.. 2012. O agronegócio no cerrado do Sudeste Goiano: uma leitura sobre Campo Alegre de Goiás, Catalão e Ipameri. *Sociedade & Natureza*, ano 24, n. 1, p.37-50.

Ministério Do Meio Ambiente. 2007. Projeto de Conservação e Uso Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) ó Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado. MMA, Brasília.

Ministério Do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. 2001. Mapa de solos do Brasil 1:5.000.000. MMA/IBGE, Brasília. Disponível em <mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acessado em 23/04/2012.

Ministério Do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis. 2011. Monitoramento do Bioma Cerrado 2009-2010. MMA/IBAMA, Brasília. 65 p.

Paruelo J.M., Jobbágy E.G.; Sala O.E. 2001. Current distribution of ecosystem functional types in temperate South America. *Ecosystems*, v. 4, n. 7, p. 683-698.

Pereira, M. D. B.; Gontijo, A. H. F. 1993. Utilização de índice de vegetação calculado com dados do Landsat 5 na separação de unidades fitofisiográficas na Serra do Cipó-MG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 7. Anais... São José dos Campos: INPE.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. 2009. Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação. Parêntese, São José dos Campos. 136p.

Ramankutty, N. et al. 2007. Challenges to estimating carbon emissions from tropical deforestation. *Global Change Biology*, v. 13, n. 1, p. 51-66.

Ratana, P.; Huete, A. R.; Ferreira, L. 2005. Analysis of Cerrado Physiognomies and Conversion in the MODIS Seasonal-Temporal Domain. *Earth Interactions*, v. 9, n. 3, p. 1-22.

Sano, E. E.; Ferreira, L. G. 2005. Monitoramento semidetalhado (escala de 1:250.000) de ocupação de solos do Cerrado: considerações e proposta metodológica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE. Artigos, p. 3309-3316. CD-ROM, On-line. Disponível em: <marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.09.12.11/doc/3309.pdf>. Acessado em 30/03/2012.

Silva, S. C. da, et al.. 2006. Caracterização Climática do Estado de Goiás. Secretaria de Indústria e Comércio, Superintendência de geologia e Mineração ó Goiás, Goiânia. 133 p.



Soares, J. V., et al.. 2007. Histórico e Descrição. In: Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil. Rudorff B. F. T.; Shimabukuro Y. E.; Ceballos J. C. (Org.). Editora Parêntese, São José dos Campos. p. 3-21.

Sun W., Liang S., XU G., Fang H.; Dickinson R. 2008. Mapping plant functional types from MODIS data using multisource evidential reasoning. Remote Sensing of Environment, v. 112, n. 3, p. 1010-1024.

Topodata: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em <webmapit.com.br/inpe/topodata>. Acessado em 26/03/2012.