

Otávio Augusto Carvalho Nassur¹, Elizabeth Ferreira¹, Thelma Sáfy¹, Antônio Augusto Aguilár Dantas¹

MONITORAMENTO E PROJEÇÃO FUTURA DA VEGETAÇÃO NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Palavras chave:
Unidades de conservação
Índice de Área Foliar
Modelo ARIMA
Séries Temporais

Histórico:
Recebido 21/08/2013
Aceito 10/09/2015

Keywords:
Conservation units
Leaf area index
ARIMA Model
Time Series

Correspondence:
otavionassur@yahoo.com.br

RESUMO: Imagens de satélites de observação da terra, bem como imagens de satélites meteorológicos, têm sido utilizadas para monitoramento do uso da terra. Recentemente produtos obtidos de imagens de satélite estão sendo disseminados, entre eles, índices de vegetação diversos. A EUMETSAT, através da Land-SAF, disponibiliza, entre outros produtos, o Índice de Área Foliar (IAF). Foram adquiridos produtos diários do IAF em formato matricial correspondentes ao período de 01/01/2010 a 30/12/2010. A partir de um pixel localizado na porção central do Parque Nacional do Itatiaia, foi gerada uma série temporal, a qual foi analisada visando conhecer a dinâmica do IAF. A tendência observada neste período indicou que a quantidade de área foliar por unidade de área reduziu no decorrer de 2010. Foi possível observar que as mudanças na vegetação possuem estreita relação com as mudanças no regime pluviométrico e com os incêndios que ocorrem na região. O modelo ARIMA (7 | 0) foi capaz de descrever o comportamento da série temporal do IAF, produzindo ruído branco e indicando correlações entre 1, 6 e 7 dias entre as observações passadas. A previsão para valores futuros resultou em erro médio de 2,74%, evidenciando o potencial do modelo na identificação de mudanças na vegetação. Os Modelos da classe ARIMA, em conjunto com produtos orbitais, se mostraram promissores para utilização na análise da vegetação em unidades de conservação.

LEAF AREA INDEX MONITORING AND PROTECTION THROUGH REMOTE SENSING IN THE ITATIAIA NATIONAL PARK

ABSTRACT: Satellite images of earth observation and meteorological sensors have been used for monitoring land use. Recently products obtained from satellite images have been disseminated, among them, several vegetation indices. EUMETSAT, through the Land –SAF, offers, among other products, the Leaf Area Index (LAI). Daily LAI products have been acquired in raster format corresponding from 01/01/2010 to 30/12/2010. From a pixel located in the central portion of the Itatiaia National Park, a time series was generated, which was analyzed aiming at assessing the dynamics of leaf area index. The tendency observed in this period indicates that LAI decreased during 2010. It was possible to observe that changes in vegetation have close relationship with changes in rainfall and fires that affect the region. The ARIMA (7 | 0) model was able to describe the behavior of the LAI series, producing white noise and indicating correlations among 1, 6 and 7 days among the past observations. The prediction for future values resulted in an average error of 2.74%, indicating the potential of the model to identify changes in vegetation. Models of ARIMA class, in conjunction with orbital products, stand out as promises for use in the analysis of the vegetation of protected areas.

DOI:
10.1590/01047760201521031823

¹ UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brasil

INTRODUÇÃO

O sistema nacional de unidades de conservação - SNUC, instituído pela lei número 9.985, de 2000, possibilitou um grande avanço na criação e gestão de espaços territoriais naturais aplicando a estes garantias adequadas de proteção.

A criação do SNUC pode ser vista como uma estratégia muito eficaz para a manutenção dos recursos naturais em longo prazo, compreendida como uma necessidade vigente frente aos conceitos de sustentabilidade almejados pela sociedade.

A gestão desse imenso território (cuja área é superior à soma das áreas da França, Espanha e Itália) representa grande desafio para um país com dimensões continentais e ampla variedade de ecossistemas naturais e de contextos socioeconômicos como o Brasil (MMA, 2009). Dentro do panorama financeiro, onde o aumento das receitas anuais destinadas à conservação ambiental não são proporcionais a expansão das áreas protegidas pelo SNUC, torna-se necessário a implementação de técnicas de monitoramento eficientes e com baixo custo.

O monitoramento da vegetação através do parâmetro índice de área foliar - IAF é uma ferramenta muito utilizada para avaliação ambiental, pois está diretamente relacionada com a produtividade e a evapotranspiração de ecossistemas florestais (LANG e MCMURTRIE, 1992), além de possuir relação direta com a biomassa (GOEL, 1990).

Para o mapeamento em larga escala, o IAF obtido através de técnicas de sensoriamento remoto apresentam vantagens, pois varrem uma superfície contínua, possibilitando a geração de produtos como o IAF, permitindo o monitoramento em escala muito eficiente.

Dentre os sensores utilizados para obter o IAF ressalta-se a utilização dos sensores orbitais geoestacionários. Estes sensores são desenvolvidos principalmente para fins meteorológicos e possuem baixa resolução espacial. Embora apresente limitações quanto a resolução espacial, estes sensores são úteis para aumentar a quantidade de informação sobre determinado alvo, através da alta resolução temporal. Neste caso, a extração de informações sobre o comportamento da vegetação deve ser focada na série de imagens distribuídas no tempo.

Entre as técnicas aplicadas à análise de séries temporais, ressalta-se a abordagem de Box et al. (1970),

que permite criar previsões de valores futuros. Esta abordagem inclui parâmetros de autorregressão e de médias móveis, em um modelo geral denominado (Auto Regressivo Integrado e Médias Móveis).

Os modelos ARIMA têm sido largamente utilizados em economia, havendo poucas referências de seu uso no sensoriamento remoto em relação ao grande potencial de previsões em curto prazo (FERNÁNDEZ-MANSO et al., 2011).

Entre os estudos que utilizaram a classe de modelos ARIMA para caracterizar a vegetação cita-se os de Sridhar et al. (1994), que utilizaram a técnica para fazer previsão da produção de trigo; Ji e Petters (2004) no desenvolvimento de um novo modelo para estimativa do "vigor vegetativo" (greenness); Riño et al. (2007) demonstrando que os modelos sazonais ARIMA são uma ótima ferramenta para prever áreas com alto risco de incêndio; Alhamad et al. (2005) que utilizaram os modelos de Box-Jenkins para projetar a produção de forragem futura; Han et al. (2010) aplicaram modelos ARIMA para prever mudanças no Índice de Condição da Temperatura da Vegetação (VTCI) relacionado à condições de secas; Jiang et al. (2010), que exploraram a aplicação de três modelos para estudo de séries temporais do IAF do sensor MODIS; Fernández et al. (2011) que utilizaram a modelagem ARIMA para previsões no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em florestas de coníferas e Panuju et al. (2010) que utilizaram a modelagem ARIMA para desenvolvimento de uma metodologia para detecção e validação de incêndios florestais através do NDVI. Estes estudos demonstram o potencial da aplicação desta técnica estatística em imagens de satélites e índices de vegetação.

O presente trabalho teve como objetivos: avaliar o comportamento da vegetação no Parque Nacional do Itatiaia através de uma série temporal gerada a partir do IAF da land SAF, no período entre 01/01/2010 a 30/12/2010; e, a partir da mesma, propor um modelo para descrição da série temporal e projeção do IAF futuro.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O Parque Nacional do Itatiaia foi criado em 1937, sendo a primeira unidade de conservação criada no Brasil. Localizada na porção sudeste do país, nas coor-

denadas 22°20'0" Sul e 44°35'0" Oeste, na serra da Mantiqueira, esta unidade abrange os municípios de Bocaina de Minas-MG, Itamonte-MG, Itatiaia-RJ, Resende-RJ, possuindo uma área total de 28.084,1 ha.

Segundo Segadas-Vianna e Dau (1965) a geomorfologia da região caracteriza-se por ser um dos grandes afloramentos rochosos do mundo. O relevo é caracterizado por montanhas e elevações rochosas, com altitude variando de 600 a 2.791 m.

O parque nacional do Itatiaia encontra-se inserido no Bioma Mata Atlântica, possuindo diversas fitofisionomias, como Floresta Estacional Semidecidual Montana, Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana (VELOSO et al., 1991) e campos de altitude.

Obtenção, análise e validação dos dados

Como uma das propostas deste trabalho foi a implementação do monitoramento da vegetação através de técnicas de baixo custo, optou-se pela utilização de materiais e dados disponibilizados gratuitamente, incluindo aplicativos, produtos e dados vetoriais.

Os produtos de IAF utilizados neste trabalho foram fornecidos através da Land Surface Analysis Satellite Application Facilities (LSA SAF), organização criada através da parceria entre European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) e do Instituto de Meteorologia de Portugal cuja finalidade é desenvolver novas aplicações para satélites meteorológicos da EUMETSAT.

Os produtos de IAF da LSA SAF apresentam correções de problemas referentes à presença de nuvens, aos ângulos de visada e solar e aos efeitos de anisotropia. De forma geral, estes produtos apresentam estimativas confiáveis, tanto no domínio espacial quanto temporal. O processo detalhado de obtenção e validação dos produtos são apresentados em LSA SAF (2008) e LSA SAF (2013).

Os produtos foram obtidos diretamente da página da LSA SAF (<http://landsaf.meteo.pt/>) para o ano de 2010. O arquivo vetorial contendo a unidade de conservação foi adquirido junto ao Sistema Compartilhado de Informações Ambientais - SisCON, disponíveis em (<http://siscom.ibama.gov.br>). Os dados de precipitação foram obtidos através do sistema Hidroweb mantido pela Agência Nacional de Águas – ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br>), para uma localidade próxima ao Parque Nacional do Itatiaia.

Para o processamento dos dados foi utilizado o aplicativo ILWIS versão 3.7.2, além do módulo Geonetcast Toolbox. Os produtos LAI LSA-SAF foram importados utilizando rotinas modificadas do Geonetcast Toolbox, sendo criada uma série temporal diária para período de 01/01/2010 a 30/12/2010 (364 dias).

A série temporal foi extraída para um pixel localizado na porção central do Parque Nacional do Itatiaia, que apresenta todas as fisionomias descritas no tópico 2.1. A partir deste pixel foi gerada a série temporal abordada neste trabalho, sendo a mesma exportada para uma planilha eletrônica.

O ajuste do modelo da série foi realizado no aplicativo Gretl versão 1.9.11.

Na aplicação do modelo ARIMA, a série temporal pode ser decomposta na soma de três componentes não observáveis, onde Z_t - é a série temporal considerando $t = 1, 2, 3, \dots, n$; T_t - é o componente tendência; S_t - é o componente sazonal e a_t - é o componente aleatório.

$$Z_t = T_t + S_t + a_t \quad [1]$$

A tendência T_t refere-se ao aumento ou redução gradual das observações ao longo de um período. O componente sazonal S_t mostra as flutuações ocorridas em subperíodos. O componente aleatório a_t , representa as oscilações irregulares causadas por fenômenos aleatórios (FERRAZ, 1999).

Para a modelagem da série temporal foi necessário avaliar se houve acréscimo da variância ao longo do tempo, desta forma, foi analisada a relação entre amplitude e média para diversos intervalos de observações. A análise mostrou que não houve acréscimo da variância no decorrer do tempo, portanto não houve necessidade de aplicar transformações nos dados da série original.

Para o ajuste foi necessário tornar a série estacionária, ou seja, livre de tendência e ou sazonalidade.

Para verificar se a série apresentava tendência além da observação do autocorrelograma, foi utilizado o teste de Cox-Stuart apresentado por Morettin e Tolo (2006).

Para a série estacionária (livre de tendência e ou sazonalidade), foi ajustado o modelo ARIMA. O ajuste do modelo é validado utilizando a análise de resíduo, através do teste de Box e Pierce (MORETTIN E TOLOI, 2006), no qual é testado se o resíduo é não-correlacionado.

A previsão foi testada para um período de 10 dias posteriores àqueles utilizados na modelagem da

série, entre 31/12/2010 a 09/01/2011, portanto os valores de IAF diário nesse período não foram utilizados na obtenção do modelo para a série temporal.

O erro de previsão para cada dia foi obtido pela equação (2), e o erro médio calculado pela média aritmética dos 10 dias, sendo V_{obs} - valor do IAF observado e V_{est} - valor do IAF estimado.

$$E(\%) = \frac{|V_{obs} - V_{est}|}{V_{obs}} \cdot 100 \quad [2]$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Comportamento temporal do IAF e sua relação com a precipitação

A Figura 1 mostra a distribuição dos valores do IAF diário e o volume mensal de precipitação no ano de 2010 no Parque Nacional do Itatiaia.

Observa-se uma variação do IAF entre 2,24 e 5,16, atingindo o ponto mínimo entre outubro e novembro, época que marca o final do período seco e o início do período chuvoso nesta região. Outro fator que contribuiu para o valor mínimo do IAF, diz respeito aos incêndios que ocorrem com frequência na região, sobretudo na estação seca, apontados por Tomzhinski et al. (2012) e Tomzhinski (2012).

Neste sentido, Tomzhinski et al. (2012) que estudaram a ocorrência de incêndios florestais entre 2001 e 2011 no Parque Nacional do Itatiaia, mostraram que o ano de 2010 apresentou o valor mais extremo de dias sem chuvas e os níveis mais baixos de precipitação

acumulada entre os anos abordados no estudo. Segundo Tomzhinski (2012) o ano de 2010 foi extremamente seco, registrando-se uma série de incêndios criminosos incluindo um de grandes proporções dentro da área de estudo. Estes incêndios explicam a redução constante do IAF entre agosto e novembro observada na Figura 1.

O ponto máximo do IAF no período estudado ocorreu no início de janeiro, resultante do período chuvoso de 2009, observações da precipitação baseadas no trabalho de Freitas et al. (2011). Observa-se uma brusca redução do IAF entre o início e o meio de janeiro, a maior queda do IAF no período estudado. Esta queda refere-se provavelmente a fatores externos, porém não foi possível fazer associação com ocorrências registradas no local.

Um fator que pode ter contribuído para a queda do IAF no período quente-chuvoso, conforme mencionam Batista e Klaczko (2013), refere-se a ocorrência de chuvas anormais no local nesta época do ano, que podem ter como consequências deslizamento de terra, trombas d'água e enxurradas.

Comparando-se o comportamento do IAF observado neste trabalho com o Índice de Realce da Vegetação 2 (EVI2) – MODIS (FREITAS et al., 2011), observa-se grande semelhança no comportamento dos dois índices, confirmando que o produto LSA SAF apesar de possuir menor resolução espacial foi capaz de captar a dinâmica da vegetação dentro do pixel analisado.

Modelagem da série temporal

A partir da Figura 1 é possível visualizar a existência de tendência decrescente ao longo da série do

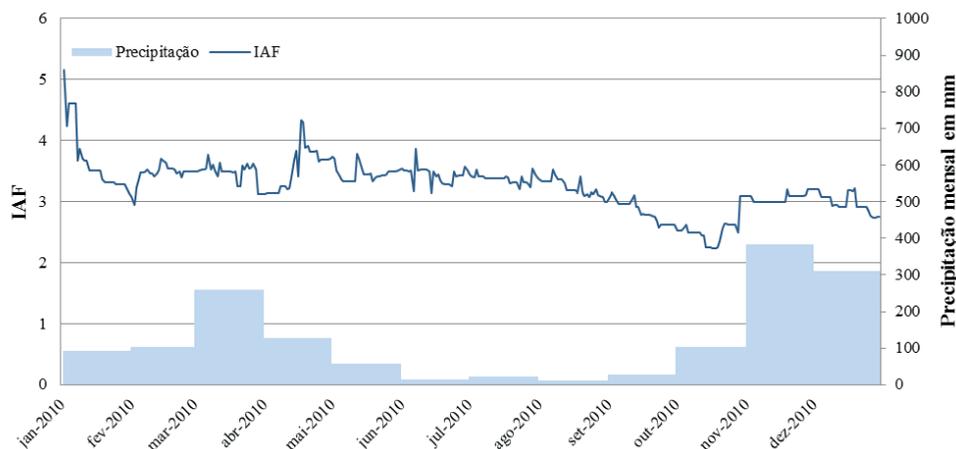


FIGURA 1 Série temporal do índice de área foliar diário e precipitação mensal no Parque Nacional do Itatiaia no período de 01/01/2010 a 30/12/2010.

FIGURE 1 Time series of daily leaf area index and monthly precipitation in Itatiaia National Park in the period from 01/01/2010 to 30/12/2010.

IAF no ano de 2010. A presença de tendência foi confirmada pelo teste de Cox-Stuart para Z_t , $-(t=1\dots364)$ $c/2=182$, obtendo-se 169 sinais negativos e 10 positivos. Por se tratar de uma série não estacionária devido à existência de tendência, foi obtida a primeira diferença da série, observando-se a estabilização dos valores em torno de uma média constante, podendo portanto, ser considerada estacionária segundo Morettin e Toloi (2006).

O ajuste da série é feito através de um ciclo iterativo, através da análise do autocorrelograma da série estacionária foi possível notar a presença de passos significativos, com a primeira, a quinta e a sexta defasagem para a função de autocorrelação, e para primeira, quinta e sétima defasagem para autocorrelação parcial, o que levou a proposição do modelo ARIMA (7 | 0) com defasagem específica nos 1º, 6º e 7º passos, indicando correlações entre 1, 6 e 7 dias entre observações passadas.

As funções de autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos para o modelo ARIMA (7 | 0) apresentaram bom ajuste de dados, com a maioria dos resíduos do modelo dentro do intervalo de confiança. A hipótese de ruído branco foi confirmada através do teste de Box & Pierce a 95% de probabilidade.

A série estudada pode ser reproduzida através da equação 3, sendo Y_t - valor do Índice de área foliar no tempo t ; a_t - ruído e $\varphi(1,6 e 7)$ - valor dos coeficientes "Phi" do Modelo ajustado.

$$Y_t = \varphi_1 Y_{t-1} - \varphi_6 Y_{t-6} - \varphi_7 Y_{t-7} + a_t \quad [3]$$

Substituindo os coeficientes pelos valores encontrados, pode-se fazer estimativas para o índice de

área foliar no Parque Nacional do Itatiaia no ano de 2010 através da seguinte equação 4, sendo \hat{Y}_t - é o valor do Índice de área foliar estimado no tempo t .

$$\hat{Y}_t = -0,44 Y_{t-1} - 0,242 Y_{t-6} - 0,13 Y_{t-7} \quad [4]$$

Teste do modelo ajustado na previsão de valores futuros

Na Figura 2 é apresentado o comportamento do modelo ARIMA (7,1,0) em relação aos valores reais do produto IAF para o período estudado.

Nota-se através da Figura 2 que o modelo está bem ajustado para o período em que foi modelado, sendo que a linha de ajuste acompanha o comportamento da série original. A previsão para 10 dias, considerando valores estranhos à série modelada é apresentada na Figura 3.

Observa-se que no início do período de previsão os valores estimados e observados são bem próximos, sendo que o erro de previsão fica abaixo de 2%. A partir do 7º dia de previsão, observa-se aumento gradual do erro, atingindo o máximo de 8,85% no último dia de previsão (10/jan/2011). O erro médio para o período previsto pode ser considerado baixo, 2,74%.

Os resultados indicam a perda de capacidade de previsão do modelo com o aumento do tempo de previsão, o que era esperado uma vez que este trabalho utilizou somente o período de um ano para a modelagem, e não foram utilizados parâmetros sazonais no modelo.

Neste sentido, Alhamad et al. (2007) obtiveram sucesso na previsão de longo prazo para estimativa de forragem futura utilizando o NDVI como covariável no

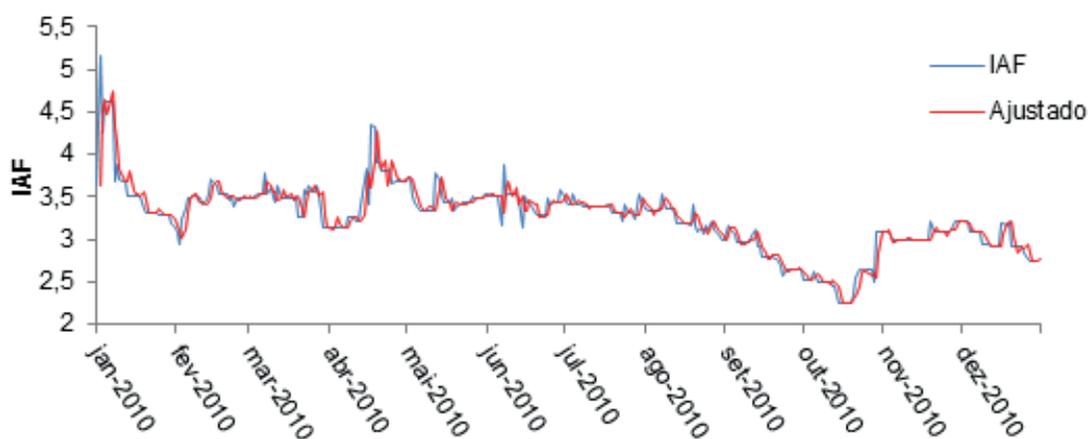


FIGURA 2 Comparação entre os valores observados e os ajustados pelo modelo ARIMA (7,1,0).

FIGURE 2 Comparison between observed and fitted values by the ARIMA model (7,1,0).

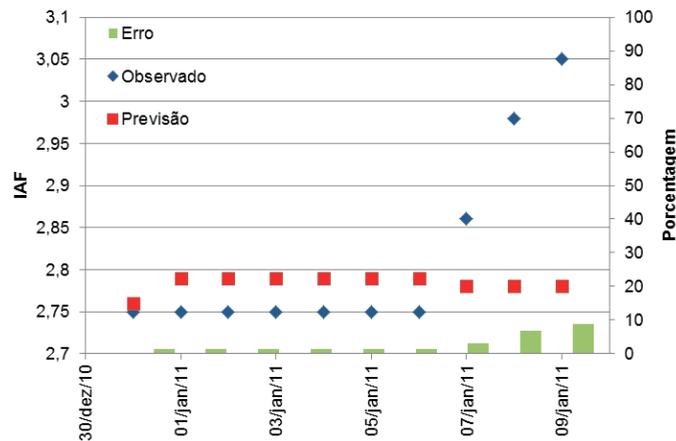


FIGURA 3. Previsão de valores futuros (10 dias) dos valores da série temporal do IAF, no Parque nacional do Itatiaia.
FIGURE 3. Forecast of future values (10 days) of the values of the time series of the LAI, in the Itatiaia National Park.

desenvolvimento de modelos sazonais ARIMA. Um dos modelos Box-Jenkins utilizados pelos autores foi capaz de prever com segurança a produção de forragem em até 84 dias.

Os valores futuros encontrados neste trabalho podem ser utilizados em técnicas para identificação mudanças bruscas na vegetação. Este tipo de modelagem é uma ferramenta potencial para previsão de riscos naturais como secas, riscos de incêndios e ocorrência de doenças na vegetação. Podem ser utilizados como base para os sistemas de monitoramento da vegetação em tempo quase instantâneo, a nível regional (FERNÁNDEZ-MANSO et al., 2011).

CONCLUSÕES

Baseado na análise de tendência conclui-se que o Índice de Área Foliar diminuiu no decorrer do período estudado, havendo estreita relação com o regime pluviométrico regional e com incêndios registrados no local.

Foi possível gerar um modelo de séries temporais que descreve o IAF no Parque Nacional do Itatiaia. O erro médio de previsão foi de 2,87%, para os 10 dias previstos, havendo um acréscimo do erro à medida que se aumenta o prazo de previsão.

A série temporal do IAF gerada a partir de imagens do METEOSAT se mostrou promissora quando se deseja alta resolução temporal na análise da vegetação. A inovação alcançada pela aplicação dos modelos Box-Jenkins em séries temporais de produtos orbitais, pode auxiliar trabalhos na análise de detecção de mudanças da vegetação dentro das unidades de conservação.

REFERÊNCIAS

- ALHAMAD, M. N.; STUTHT, J.; VANNUCCI, M. Biophysical modelling and NDVI time series to project near-term forage supply: spectral analysis aided by wavelet denoising and ARIMA modelling. **International Journal of Remote Sensing**, Londres, v. 28, n. 11, p. 2513-2548, 2007.
- BATISTA, M. R. D.; L. B. KLACZKO. Mudanças genéticas observadas na população de *Drosophila mediopunctata* do Parque Nacional do Itatiaia, RJ, Brasil. **Boletim de Pesquisa do Parque Nacional do Itatiaia**, no 17, 52 pp, 2013.
- BOX, G. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden-day, 1970, 575p.
- BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Parque Nacional do Itatiaia. Disponível em < <http://www.icmbio.gov.br/parnaitatiaia/guia-do-visitante.html#orienta> >. Acesso em 04/2013.
- BRASIL. Ministério do meio ambiente. Pilares para o plano de sustentabilidade financeira do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**, 2009, 100p.
- DAUGHTRY, C. S. T. Direct measurement of canopy structure. In: GOEL, N. S.; NORMAN, J. M. (Eds.) **Instrumentation for studying vegetation canopies for remote sensing in optical and thermal infrared regions**. Londres: Harwood, 1990. cap. 5, p. 45-60.
- FERNÁNDEZ-MANSO, A.; QUINTANO, C.; FERNÁNDEZ-MANSO, O. Forecast of NDVI in coniferous areas using temporal ARIMA analysis and climatic data at a regional scale. **International Journal of Remote Sensing**, Londres, v. 32, n. 6, p. 1595-1617, 2011.

- FERRAZ, M. I. F. **Uso de modelos de séries temporais na previsão da série de precipitações pluviiais mensais no município de Larvas-MG**. 1999. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- FREITAS, R.M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; SOUZA, A.F.; SATO, F.Y.; SHIMABUKURO, Y.E.; ROSA, R.R.; ANDERSON, L.O.; RUDORFF, B.F.T. Virtual laboratory of remote sensing series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, v.2, p.57-64, 2011.
- HAN, P.; WANG, P. X.; ZHANG, S. Y.; ZHU, D. H. Drought forecasting based on the remote sensing data using ARIMA models. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 51, n. 11, p. 1398-1403, 2010.
- Jl, L.; PETERS, A. J. Forecasting vegetation greenness with satellite and climate data. **Geoscience and Remote Sensing Letters**, IEEE, Nova Iorque, v. 1, n. 1, p. 3-6, 2004.
- JIANG, B.; LIANG, S.; WANG, J.; XIAO, Z. Modeling MODIS LAI time series using three statistical methods. **Remote Sensing of Environment**, Nova Iorque, v. 114, n. 7, p. 1432-1444, 2010.
- LANG, A. R. G.; McMURTRIE, R. E. Total leaf areas of single trees of *Eucalyptus grandis* estimated from transmittances of the sun's beam. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, v.58, p.79-92, 1992.
- LSA SAF. Validation Report: Vegetation Parameters (FVC, LAI, FAPAR). Versão 2.1, 2008. 91p. disponível em < <http://landsaf.meteo.pt/algorithms.jsp?seltab=9&starttab=9> > acesso em 11/08/2014.
- LSA SAF. The EUMETSAT Satellite Application Facility on Land Surface Analysis: Product User Manual Vegetation Parameters (VEGA) Versão 2.1-4, 2013.46p. disponível em < <http://landsaf.meteo.pt/algorithms.jsp?seltab=9&starttab=9> > acesso em 11/08/2014.
- MORETTIN, P.A.; TOLOI, C. M.C. **Análise de séries temporais**. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 538p.
- SEGADAS-VIANNA, F.; DAU, L. **Ecology of the Itatiaia range southeastern Brazil. I - Altitudinal zonation of the vegetation**. Arq. Museu Nacional, Rio de Janeiro, v.53, p.31-53, 1965.
- SRIDHAR, V.N.; DADHWAL, V.K.; CHAUDHARI, K.N.; SHARMA, R., BAIRAGI, G.D.; SHARMA, A.K. Wheat production forecasting for a predominantly unirrigated region in Madhya Pradesh (India). **International Journal of Remote Sensing**, Londres, v.15, n.6 p.1307-1316, 1994.
- TOMZHINSKI, G.W.; RIBEIRO K.T; FERNANDES M.C. Análise Geocológica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia. **Boletim de Pesquisa do Parque Nacional do Itatiaia**, no 15, 158 pp, 2012.
- TOMZHINSKI, G. W. **Análise Geocológica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia**. 2102. 137 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 116p.