

## **Utilização de dados provenientes do Modelo Linear de Mistura Espectral e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada em imagens TM/Landsat 5 e ETM+/Landsat 7 para a verificação de alterações da cobertura vegetal na APA do Pratigi - BA**

Juvenal Lima dos Santos Júnior <sup>1</sup>

Flávio Jorge Ponzoni <sup>2</sup>

Joselisa Maria Chaves <sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS/PPGM

Caixa Postal (75) 3161-8000- Feira de Santana - BA, Brasil

jjuniorlimas@gmail.com

joselisa@uefs.br

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Divisão de Sensoriamento Remoto

(12) 3208-6000 - São José dos Campos - SP, Brasil

flavio@dsr.inpe.br

### **Abstract**

The Area of Environmental Protection of Pratigi is located in down south of Bahia state. In this area there is the presence of vegetation types in the Atlantic Forest threatened due to deforestation caused by the development of agricultural crops. This study aimed to evaluate the contribution of the fraction images, derived from the linear spectral mixture model and vegetation index (NDVI) images to monitor the dynamics of vegetation cover in the APA region pratigi - BA, between the years 2000 2001, 2003 and 2006. The fraction images (vegetation, soil and shade or water) and vegetation index were derived from digital data from sensors TM / Landsat 5 and ETM + / Landsat 7. The models were calculated and four years later was performed the statistical per polygon and estimated the average fraction images of points under study. The vegetation index was also calculated, which can be observed changes in vegetation cover of the APA pratigi. It was found similarities between the sensitivity to changes in vegetation cover of the study area, both as models for the vegetation index.

**Palavras-chave:** Remote Sensing, Linear Spectral Mixture Model, NDVI, vegetation, Atlantic Forest.

### **1. Introdução**

A cobertura vegetal de uma região é o reflexo do clima e dos solos e mantém interdependência com os demais elementos que compõem a paisagem, sendo ainda influenciada pela ação antrópica. Dessa forma, o estudo da vegetação tem se apresentado como um importante componente em pesquisas ambientais, isto, pelo fato da cobertura vegetal ser um elemento que faz parte de diferentes ecossistemas terrestres. Assim, ganham destaque estudos no âmbito do Sensoriamento Remoto que exploram variações fenológicas ou influências antrópicas, bem como padrões de distribuição, ciclos de vida, modificações fisiológicas e morfológicas da cobertura vegetal (ESPÍNDULA *et al.* 2012). Neste contexto, os cientistas têm empenhado esforços visando desenvolver tecnologias e algoritmos de processamentos visuais e digitais de imagens geradas a partir de sensores remotos para extrair informações fisionômicas e estruturais da vegetação (JENSEN, 2009).

A partir do processamento de imagens de satélites é possível estimar quantitativamente as alterações naturais ou antrópicas ocasionadas à cobertura vegetal de determinada área. Tais modificações podem ser identificadas a partir da conversão de imagens orbitais em imagens fração (IF) ou índices de vegetação (IV). A partir das IF podem-se estimar as proporções de diferentes alvos contidos num pixel, como vegetação, solo, sombra ou água. O IV, por sua vez, é sensível a modificações temporais da cobertura vegetal, sendo possível assinalar os locais com menor ou maior cobertura vegetal e suas alterações ao longo do tempo.

De acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2012), dentro do *pixel* podem estar incluídos distintos objetos ou elementos da cobertura da superfície. Neste caso, essa particularidade origina a chamada mistura espectral, isto é, a resposta espectral de um *pixel* é produto da combinação de diversos elementos que o constitui. Por sua vez, o valor numérico que é associado a cada *pixel* em uma imagem é representado pela radiância média dos objetos “contidos” dentro desse mesmo *pixel*.

Aguiar *et al.* (1999) mencionaram que a medida da radiância é a integração da radiância de todos os objetos que estão contidos num *pixel*, acarretando a chamada mistura espectral. Para Vasconcelos e Novo (2004), a partir do cálculo do algoritmo de mistura podem ser geradas tantas imagens quantos forem as componentes puras identificadas a partir do modelo. No caso da mistura linear, a resposta espectral de cada *pixel* presente numa imagem pode ser considerada como uma combinação linear das respostas espectrais referentes a cada elemento que compõe a mistura. Logo, para qualquer imagem multiespectral gerada por qualquer sensor, quando considerada a proporção dos componentes, será possível estimar a quantidade de cada um desses elementos (PONZONI e SHIMABUKURO, 2012). Já para Shimabukuro e Smith (1991), o modelo linear de mistura espectral tem por objetivo estimar a proporção de componentes como solo, sombra e vegetação, para cada *pixel*, tendo como base a resposta espectral nas diversas bandas, produzindo imagens nas frações solo, vegetação e sombra.

Não obstante, os índices de vegetação também têm sido utilizados objetivando a extração de informações sobre a cobertura vegetal de uma área, principalmente em estudos multi-temporais. Para Justice *et al.* (2002) estes IVs têm se constituído como importante ferramenta, levando em consideração o número de pesquisas e aplicações. Entre os IVs utilizados em estudos ambientais está o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). De acordo com Freire e Pacheco (2005), o NDVI é uma diferença normalizada entre as reflectâncias das bandas do infravermelho próximo e do vermelho e tem por objetivo eliminar as diferenças sazonais do ângulo de elevação solar minimizando os efeitos da atenuação atmosférica em imagens multi-temporais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição das imagens fração, provenientes do modelo linear de mistura espectral e das imagens índice de vegetação (NDVI) para o monitoramento da dinâmica da cobertura vegetal da região da APA do Pratigi – BA, entre os anos 2000, 2001, 2003 e 2006.

## **2. Metodologia**

### *Área de estudo*

A região de estudo é uma Área de Proteção Ambiental e está localizada no Baixo Sul do Estado da Bahia. O sul deste Estado permaneceu como uma das regiões mais florestadas da Mata Atlântica até o início da década de 1970, quando começou a passar por intenso processo de desmatamento. Segundo a Fundação SOS Mata Atlântica (1993), entre os anos de 1985 e 1990, cerca de um bilhão de árvores foram derrubadas nesta área.

A APA do Pratigi agrega cinco municípios: Ituberá; Igrapiúna; Ibirapitanga; Nilo Peçanha e Piraf do Norte. Foi criada em 2 de abril de 1998 através do decreto nº 7.272. Em 2001, com decreto nº 8.036 de 20 de setembro, teve sua área ampliada para 85.686ha, visando à inclusão da bacia hidrográfica do rio Juliana. De acordo com Rocha *et al.* (2010), a APA do Pratigi é detentora de uma área remanescente de Mata Atlântica de 35.686 hectares o que corresponde a 41% da área total da região.

### *Procedimentos metodológicos*

Neste estudo foram utilizadas cenas dos sensores TM/Landsat 5 e ETM/Landsat 7, referentes a órbita/ 216/ponto 069 e bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, datadas de

02/05/2000, 05/22/2001, 06/13/2003 e 05/20/2006. Foi realizado o pré-processamento das cenas que se constitui na conversão dos valores de números digitais (ND) para valores de fatores de reflectância de superfície ( $\rho_s$ ) visando processamento no Modelo Linear de Mistura Espectral, bem como do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

#### *Conversão DN para fator de reflectância de superfície ( $\rho_s$ )*

Essa conversão incluiu os seguintes passos:

a) primeiramente os NDs foram convertidos para radiância aparente ( $L_o(\lambda)$ ) mediante a aplicação da equação 1.

$$L_o(\lambda) = L_{min\lambda} + ((L_{max\lambda} - L_{min\lambda}) * \frac{QCAL}{QCAL_{max}}) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:  $L_o(\lambda)$  = radiância bidirecional aparente

$L_{min\lambda}$  = radiância espectral mínima

$L_{max\lambda}$  = radiância espectral máxima

QCAL = número digital a ser convertido

b) em seguida, os valores de ( $L_o(\lambda)$ ) foram utilizados para cálculo do Fator de reflectância aparente ( $\rho_a$ ) mediante a aplicação da equação 2.

$$\rho_a = \frac{\pi * L_o(\lambda) * d^2}{E_{sun}(\lambda) * \cos\theta} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:  $\rho_a$  = Fator de reflectância aparente

$L_o(\lambda)$  = Radiância aparente ( $m W cm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ )

$d$  = distância Sol-Terra em unidades astronômicas

$E_{sun}(\lambda)$  = irradiância média do sol no topo da atmosfera ( $m W cm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ )

$\theta$  = ângulo solar zenital

#### *Simulação do Sinal do Satélite em Espectro Solar*

A partir dos valores de ( $\rho_a$ ), o modelo de correção atmosférica denominado *Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum* (6S) foi aplicado às imagens TM/Landsat 5 e ETM+/Landsat 7 visando então sua conversão para valores de ( $\rho_s$ ).

#### *Modelo Linear de Mistura Espectral*

Ao final desta etapa, tornaram-se disponíveis imagens TM/Landsat 5 e ETM+/Landsat 7 convertidas para valores de ( $\rho_s$ ) que serviram de base para o processamento do Modelo Linear de Mistura. Nestas imagens também foram definidos, arbitrariamente, 30 polígonos a partir dos quais se estimou, em seu interior, as proporções de Vegetação, de Solo e de Sombra de cada um dos polígonos amostrais.

#### *Índice de Vegetação por diferença normalizada*

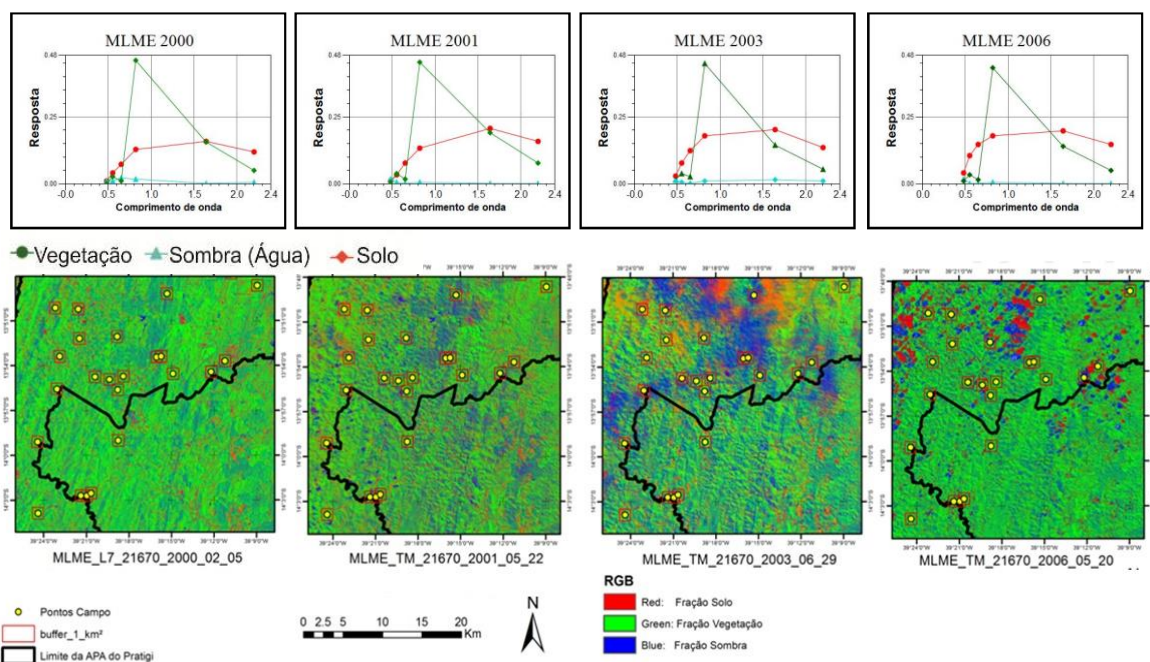
Este índice, por sua vez é obtido pela equação 3:

$$NDVI = (\rho_{IVP} - \rho_V) / (\rho_{IVP} + \rho_V) \quad (\text{Equação 3})$$

Este índice foi também foi calculado para as imagens em estudo buscando analisar a sensibilidade do NDVI às alterações apresentadas no MLME. De acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2012), o NDVI normaliza a razão simples para o intervalo de -1 a +1, onde, os valores menores, ou mais próximos de -1, representam locais sem cobertura vegetal, e, valores maiores ou mais próximos de +1 assinalam áreas com vegetação, sendo que, que valores altos podem ser usados para inferir presença de vegetação mais densa ou vegetação em pleno vigor do crescimento (LIU, 2007).

### 3. Resultados e Discussões

A fim de quantificar os valores de proporção da vegetação para os anos em estudo, bem como avaliar se houve aumento da área de cobertura vegetal, foram gerados, para cada ano em estudo, os Modelos Lineares de Mistura Espectral – MLME (SHIMABUKURO *et al.*, 1997). Desta maneira, a partir da definição dos *endmembers* (Figura 1a), foi realizado o cálculo do MLME (Figura 1b), obtendo, para as cenas TM/Landsat 5 e ETM+/Landsat 7, as frações: solo, vegetação e sombra. Através da estatística de imagem por polígono, foram mensuradas as porcentagens das frações que compõem o MLME para cada um dos 30 polígonos, para cada ano.

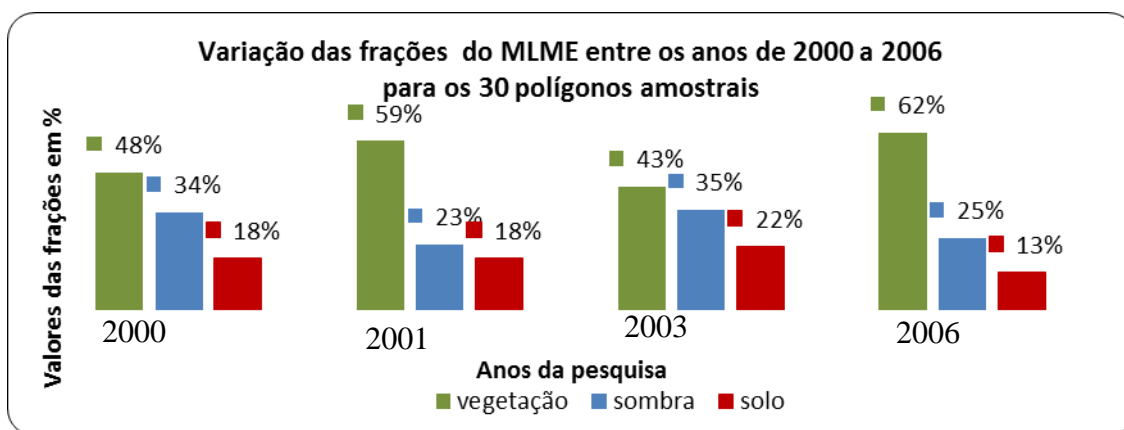


**Figura 1a/b** – Diagrama das amostras de curvas espectrais de pixels puros de vegetação, sombra (água) e solo das imagens analisadas/MLME para das quatro cenas do estudo.

As porcentagens das frações sombra, vegetação e solo do MLME foram calculadas a partir da obtenção dos valores médios dos 30 polígonos. Assim, obtiveram-se os percentuais para cada fração ano a ano. A fração vegetação foi dominante no ano 2000, com valor de 48% de presença nos trinta pontos do estudo. Para o ano de 2001, a referida fração obteve valor percentual igual a 59%. Quando comparado com o ano anterior, pode-se observar que houve aumento da cobertura vegetal para os pontos amostrais. Em 2003, a fração vegetação obteve valor igual a 43% de representatividade. O que correspondeu a uma redução de 25,37% da fração vegetação entre os anos de 2001 a 2003. Para o ano de 2006, a fração vegetação obteve

valor igual a 62%. Isto corresponde a um aumento de 26,66% quando comparados os anos de 2003 e 2006.

Em alguns estudos, a exemplo de Shimabukuro *et al.* (1997), a utilização da fração sombra foi eficaz por apontar diferenças entre áreas desmatadas e florestadas através do alto contraste entre as áreas. Porém, neste estudo, os valores percentuais referentes a esta fração variaram pouco, cerca de 8% entre os anos mais discrepantes, o que não permitiu a distinção de locais desmatados na APA do Pratigi. Além disso, as áreas desmatadas estudadas por Shimabukuro *et al.* (1997) abrangiam grandes extensões, bem como a presença da homogeneidade da mata, cenário distinto das características da APA do Pratigi, devido a presença de culturas (cacau, seringa) em conjunto com a mata. A figura 2 sintetiza as informações apresentadas, onde fica mais clara a variação da vegetação, bem como das frações sombra e solo para os anos em estudo.



**Figura 2** - Variação das frações entre os anos de 2000 a 2006.

Do mesmo modo, a partir das imagens TM/Landsat 5 e ETM+/Landsat 7, convertidas para valores de reflectância de superfície ( $\rho_s$ ), foi calculado o NDVI para os quatro anos em estudo. Na figura 3 é possível verificar a mudança na cobertura vegetal da APA do Pratigi.

A figura 3 foi estimada em seis valores com intervalos de -0,319 a 1,0 inseridos dentro dos limites de intervalos do NDVI, entre os anos de 2000 a 2006. Os valores entre -0,319 e 0,175 correspondem às áreas sem presença de cobertura vegetal. Pode-se observar que entre os quatro anos em estudo (2000, 2001, 2003 e 2006, respectivamente), que a vegetação, em termos gerais, foi distribuída nos intervalos de 0,535 (vegetação menos densa) a 1,0 (vegetação mais densa). Nesse intervalo pode-se verificar a separação dos tipos de vegetação em três classes (0,505 a 0,670; 0,670 a 0,835 e 0,835 a 1,000).

Do mesmo modo, puderam ser verificadas variações que correspondem às apresentadas na figura 3 do MLME. Ou seja, as imagens que representam o NDVI, foram sensíveis às mudanças da cobertura vegetal dos anos em estudo e evidenciam que houve aumento da vegetação mais densa, assim como uma maior espacialização da mesma.



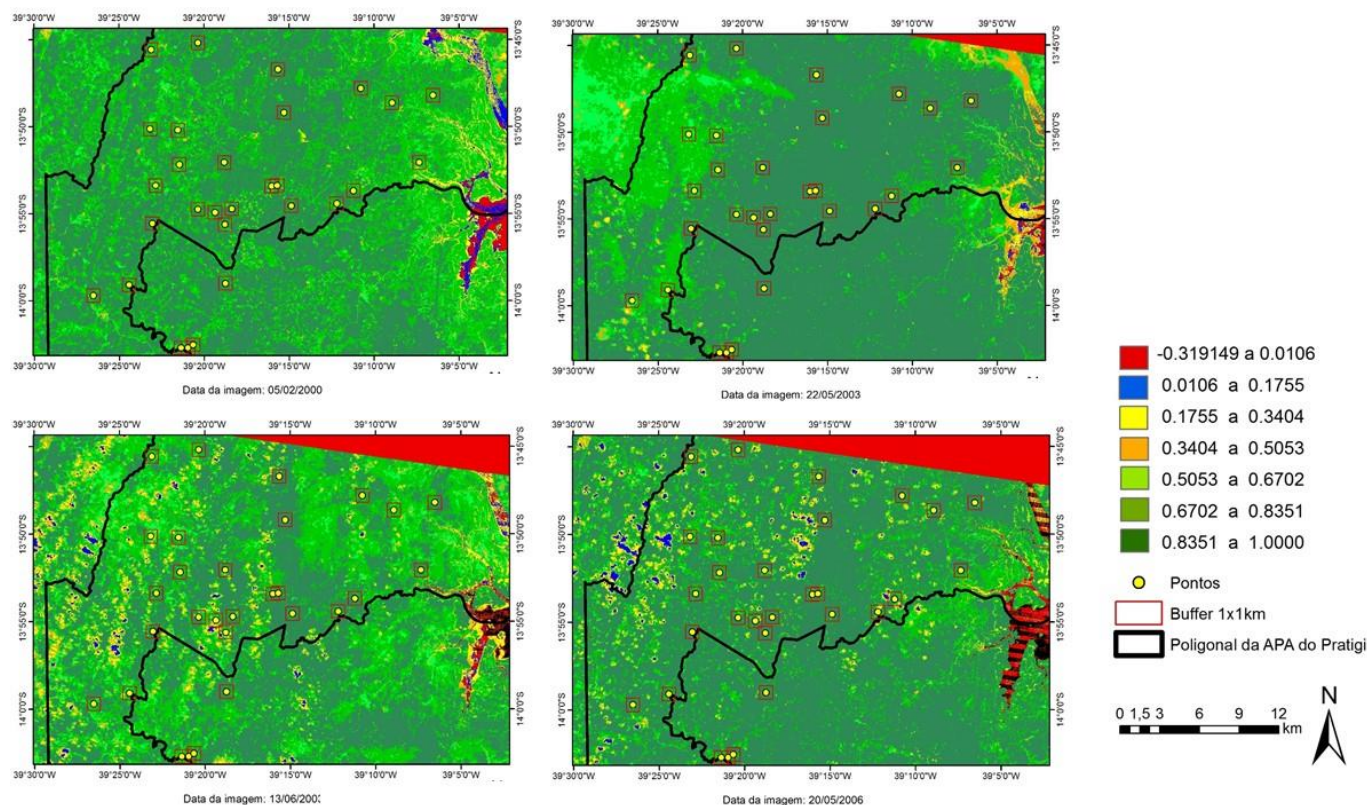


Figura 3 – Variação do NDVI entre os anos de 2000, 2001, 2003 e 2006 (respectivamente)

#### 4. Conclusões

Pode-se observar que as alterações da cobertura vegetal foram representadas de modo satisfatório, tanto para o MLME quanto para o NDVI, isto é, a sensibilidade para as modificações da vegetação foi semelhante entre as variáveis calculadas.

Os cálculos do MLME e do NDVI foram importantes por demonstrarem, que, para APA do Pratigi, ambos produzem resultados interessantes sobre as mudanças da vegetação ao longo dos anos estudados.

As imagens fração solo e sombra ou água complementaram as informações obtidas com a fração vegetação proveniente do MLME.

Mesmo com a semelhança na sensibilidade à presença e variação quantitativa da cobertura vegetal registrada com o cálculo do MLME e o NDVI não foi possível distinguir as fitofisionomias que compõem a vegetação da APA do Pratigi. Isto, por conta do modo que as culturas são desenvolvidas nesta área. Existe um grande mosaico de florestas e culturas cultivadas em meio à presença da Mata Atlântica presente na Área de Proteção Ambiental do Pratigi.

#### Referências

AGUIAR, A. P. D.; SHIMABUKURO, Y. E.; MASCARENHAS, N. D. d'A. Use of synthetic bands derived from mixing models in the multispectral classification of remote sensing images. *International Journal of Remote Sensing*, v. 20, n. 4, p. 647-657, 1999. Acesso em: 06/02/2014.

ESPÍNDULA, A.; SOUZA, E. M. F. R.; VICENS, R. S.; CRUZ, C. B. M. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação (Mata Atlântica): Comparações das Curvas Espectrais de

Sensores Multiespectrais e Hiperespectrais. **IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação** Recife - PE, 06- 09 de Maio de 2012 p. 001 – 006. Disponível em: [http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SReFOTO/075\\_4.pdf](http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SReFOTO/075_4.pdf). Acesso: 15/05/2013.

FREIRE, N. C.F, PACHECO, A. P. Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingó. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE.

JENSEN, J. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

JUSTICE, C.O; TOWNSHEND, J.R.G; VERMOTE, E.F; MASUOKA, E; WOLFE, R.E; SALEOUS, N; Roy, D.P; MORISETTE, J.T. An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment** 83 (2002) 3–15. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/> Acesso: 07/02/2014.

LIU, W. T. H. Aplicações de Sensoriamento Remoto. Campo Grande, Editora Uniderp, (2007) 880p

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2012.

ROCHA, R. B.; MOREAU, M. S.; CAMPOS, D. O.; FRAGA, R. G. R.; FIGUEREDO, Fábio L. S. **Caracterização Sócio-Ambiental da Área de Proteção Ambiental do Pratigi**. UESC/IFV/OCT. 2010. 39 p.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. **The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 29, p. 16-20, 1991. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=103288&isnumber=3192> Acesso em: 19 de agosto de 2013.

SHIMABUKURO, Yosio Edemir, MELLO, Eliana Maria Kalil; MOREIRA, José Carlos; DUARTE, Valdete. **Segmentação e classificação da imagem sombra do modelo de mistura para mapear desflorestamento na Amazônia**. São José dos Campos: INPE, 1997. 16 p. (INPE-6147-PUD/029)

SOS MATA ATLÂNTICA. **Mata Atlântica** (1993). Disponível em: <http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/>. Acesso em: 15/02/13.

VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí – PA. **Acta Amazonica**. VOL. 34(3) 2004: 487 – 493. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672004000300014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672004000300014). Acesso em: 12/04/2013.