

Identificação de intervalos de respostas espectrais para detecção de focos de calor através de índices de vegetação e temperatura superficial a partir de imagens de satélite

Ana Clara Gonçalves Fernandes ¹

Marcos Antônio Neris Coutinho ¹

Cristina Rodrigues Nascimento ²

¹ Graduandos do curso Eng^o Agrícola e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais -

Instituto de Ciências Agrárias UFMG/ICA

Av. universitária, Bairro universitário nº1000, CEP:39.404-006 – Montes Claros/MG.

E-maill:fernandes.anaclara@yahoo.com.br,marcos_eafsal@hotmail.com

²Profa. Dra. Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Ciências Agrárias –

UFMG/ICA

crisrodnas@gmail.com

Abstract. This study has as purpose the identification of spectral responses in vegetation's index, besides the soil's temperature to characterize heat spots. In this way were used LANDSAT-5 pictures of 09/25/2010 of São Francisco, city localized on Northwest of Minas Gerais. Applying vegetation's index, as Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Adjusted Vegetation Index to Soil (SAVI), Leaf Area Index (LAI), besides of the soil's temperature, all in specific language of LEGAL, using the software SPRING 5.2. Every index showed spectral range suitable for burned areas analyzed, being NDVI since 0.15 until 0.25, SAVI since 0.06 until 0.13, refer of the interface between vegetation and soil integrated with the index value of L, and IAF values since 0.9 until 1.1, values considerate low if compared with vegetation's area in full force. To superficial temperature, there was obtained variation between 35°C e 41°C, mainly refer to the radiation's high absorption by the ashes. Subsequently, this intervals were incorporated in the same algorithm, that was the same language as LEGAL, enabling the identification of burned areas. The utilization of the index of vegetation, herewith soil's temperature in the same algorithm, showed effective in the burned areas' identify, keeping higher trustworthiness in smaller areas, which present minor amount of interferences.

Palavras-chave: NDVI, SAVI, IAF, Burning's monitoring, NDVI, SAVI, IAF, monitoramento de queimadas.

1. Introdução

A utilização do processo de queimadas é crescente no Brasil, por ser considerado um método de limpeza de áreas, muitas vezes está associado à expansão agrícola do país, além de ser utilizada no manejo de algumas culturas, como a cana de açúcar, e de ser muito eficiente na criação e manutenção de pastos para criação de gado (Freitas *et al.* 2005; Piromal *et al.*, 2008). Com isso, os biomas brasileiros estão sendo diretamente afetados. Esses autores salientam que essa prática é muito difundida no processo produtivo da Amazônia e do Cerrado brasileiro, impulsionando a expansão agropecuária nesses biomas, sendo o Cerrado o mais atingido, estando com apenas 20%da sua vegetação original (Freitas, 2010).

Essa prática ocasiona sérios danos ao meio ambiente e ao ecossistema que o atinge, já que acarreta na perda da biodiversidade, no empobrecimento do solo, modificações no ciclo da água, alterações climáticas, além de ser uma fonte emissora de gases do efeito estufa (Antunes e Esquerdo, 2009; Freitas *et al.*, 2005; Nepstad *et al.*,1999; Piromal *et al.*, 2008).

Segundo Florenzano (2002) a utilização de imagens de satélite permite identificar, calcular e monitorar áreas que sofreram ou sofrem ações degradantes, como áreas desmatadas, queimadas, alagadas, submetidas ao processo de erosão, dentre outras, visto que os produtos de sensoriamento remoto permitem mapear a superfície terrestre. Através disso, o

sensoriamento remoto é importante na análise de áreas queimadas, principalmente as de difícil acesso, sendo possível avaliar as perdas econômicas e ecológicas, além de monitorar o poder de regeneração da área e uma possível reincidência de fogo (Piromal *et al.*, 2008).

Alguns índices espectrais de vegetação podem ser utilizados para a detecção de queimadas, já que analisa a resposta da vegetação em relação ao solo e outros alvos. Dentre esses índices pode-se ressaltar o Índice de Vegetação na Diferença Normalizada (NDVI), o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) e o Índice de Área Foliar (IAF). Associado aos índices muitos estudos correlacionam também a temperatura da superfície.

O presente trabalho teve como objetivo a identificação de intervalos de respostas espectrais entre os índices de vegetação como NDVI, SAVI, IAF, além da temperatura do solo para caracterizar um padrão de respostas na identificação de focos de calor.

2. Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

A área de estudo é o município de São Francisco, localizado na região Norte do estado de Minas Gerais. A cidade é banhada pelo rio São Francisco e possui uma área de aproximadamente 3.299,801 km². Está inserido nas coordenadas planas $X_1=8131435.000$, $X_2= 8345095.0003$ e $Y_1= 392985.0000$, $Y_2= 634515.0000$, como mostra a Figura 1.

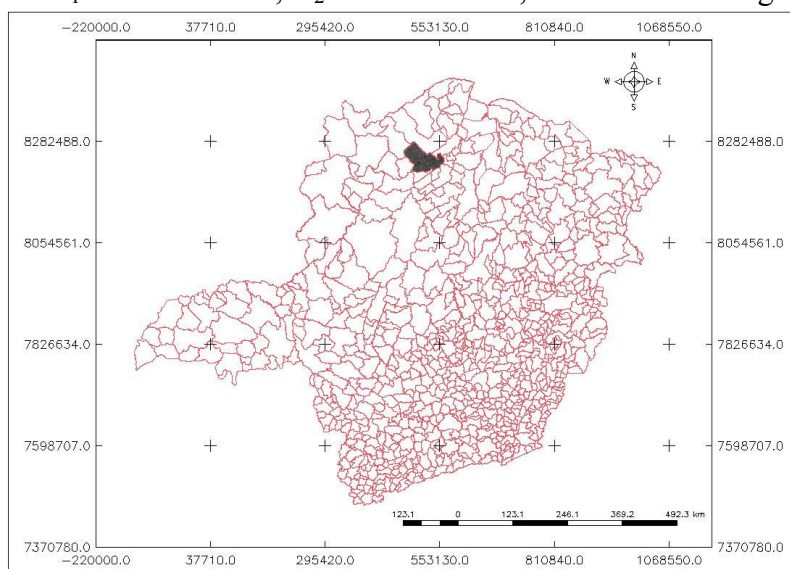


Figura 1: Carta mapa, destacando o município de São Francisco.

2.2 Processamento de Imagens

Para realização desta pesquisa foram utilizadas imagens LANDSAT-5, sensor TM (*Thematic Mapper*), referentes à órbita/ponto 219/71, do dia 25/09/2010. Para o mapeamento utilizou-se as bandas 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo), 5 (infravermelho médio) e 6 (termal) das imagens. As bandas 3, 4 e 5 foram utilizadas para determinação dos índices de vegetação, enquanto que a banda 6 foi utilizada para o cálculo da temperatura da superfície.

O georreferenciamento das imagens foi realizado tomando como referência imagens GeoCover NASA (2001) considerando 25 pontos distribuídos espacialmente na cena. O processamento digital das imagens foi realizado no software ENVI (*Environment for Visualizing Images*) versão 4.7.

No *software* SPRING 5.2 foi criado um banco de dados para estruturação e análise das informações essenciais ao estudo. A fim de reduzir o efeito da atmosfera e dos aerossóis na

resposta espectral da imagem foi realizada a correção atmosférica das bandas 3,4 e 5, utilizando o método da Subtração de Objeto Escuro, proposto por Chavez (1988). A radiância e refletância foram calculadas pelas Equações 1 e 2, respectivamente.

$$L_{rad} = \left(\frac{L_{max} - L_{min}}{255} \right) * DN + L_{min} \quad (1)$$

Onde: L_{rad} é a radiância espectral na banda i em $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$; $L_{i,max}$ e $L_{i,min}$ os valores de radiância máxima e mínima na banda i , respectivamente e NC_i o nível de cinza na banda i .

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi * L_i}{K_i * L * \cos Z * dr} \quad (2)$$

Onde: L_i é a radiância espectral de cada banda ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$); K_i é a irradiância solar espectral da banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$); Z , é o ângulo zenital solar; dr , é o quadrado da razão entre a distância média terra-sol (r_0) e a distância terra-sol (r) em dado dia do ano (DJ), sendo obtidos pelas equações 3 e 4.

$$\frac{(r)^2}{(r_0)^2} = 1,000110 + 0,034221 \cos \Gamma + 0,001280 \sin \Gamma + 0,000719 \cos 2\Gamma + 0,000077 \sin 2\Gamma \quad (3)$$

Onde: D é o dia do ano

$$\Gamma = 2\pi(D - 1)/365 \text{ (rad)} \quad (4)$$

Para a correção atmosférica, os valores de radiância foram convertidos para refletância pelo método DOS (*Dark Object Subtraction*), usando-se o histograma da banda 3 como referência para a seleção do pixel mais escuro, segundo metodologia proposta por Gürtler *et al.* (2005).

Para obtenção dos dados foram realizadas operações com índices de vegetação como o Índice de Vegetação Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), e o Índice de Área Foliar (IAF), além da temperatura superficial em graus Celsius com o uso da opção de programação do LEGAL.

2.3 Índices de Vegetação

2.3.1 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

O NDVI foi proposto por Rouse *et al.* (1973), 2009 pela Equação 5, e adota valores que variam de -1 a 1, onde, segundo Rosendo (2005) os valores próximos a 1 indicam vegetação mais densa, enquanto que os mais próximos a 0 (zero) superfície não vegetada.

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (5)$$

Onde, ρ_3 é a refletância na região do visível (vermelho) (0,63-0,69 μm) e ρ_4 é a refletância no infra-vermelho próximo (0,78-0,90 μm).

2.3.2 Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI)

A Equação 6 apresenta o SAVI, proposto por Huete (1988) a fim de incorporar a influência do solo no índice de vegetação, através de um fator L na equação do NDVI. Esse fator varia de acordo com as características do local de estudo, para áreas com vegetação

muito baixa, é sugerido utilizar o fator $L = 1,0$, para vegetação intermediária $L = 0,5$ e para altas densidades $L = 0,25$. No trabalho, devido a característica do cerrado foi utilizado $L = 0,5$.

$$SAVI = \frac{(1+L)*(\rho_4 - \rho_3)}{(L + \rho_4 + \rho_3)} \quad (6)$$

2.3.3 Índice de Área Foliar (IAF)

O Índice de Área Foliar (IAF), segundo Ponzoni (2002) é a relação entre a área foliar e o terreno ocupado pela cultura e pode ser expresso pela Equação 7. O IAF é um dos principais parâmetros da vegetação e é requerido em modelos de crescimento vegetal e de evapotranspiração; é ainda relacionado à biomassa.

$$IAF = -\frac{(\ln(0,69 - SAVI)/0,59)}{0,91} \quad (7)$$

2.4 Temperatura da superfície

Para a determinação da temperatura da superfície, as imagens da banda 6 foram padronizadas para resolução espacial de 30 metros, compatível com as demais bandas. Foi utilizada a metodologia proposta por Malaret et al. (1985) apud Azevedo e Souza, (2013), onde o número digital de cada pixel da imagem da banda termal é convertido nos respectivos valores da temperatura aparente da superfície, empregando-se, a fórmula baseada em um modelo de regressão quadrática, Equação 8.

$$T = (209,831 + 0,834 * DN - 0,0013 * DN^2) + 273,15 \quad (8)$$

Onde: T= representa o valor da temperatura aparente da superfície em °C e DN = número digital de cada pixel da banda 6.

3 Resultados

Através da composição colorida R5G4B3 (Figura 2), pode-se observar áreas em tons mais escuros, que representam os pixels com características de áreas queimadas.

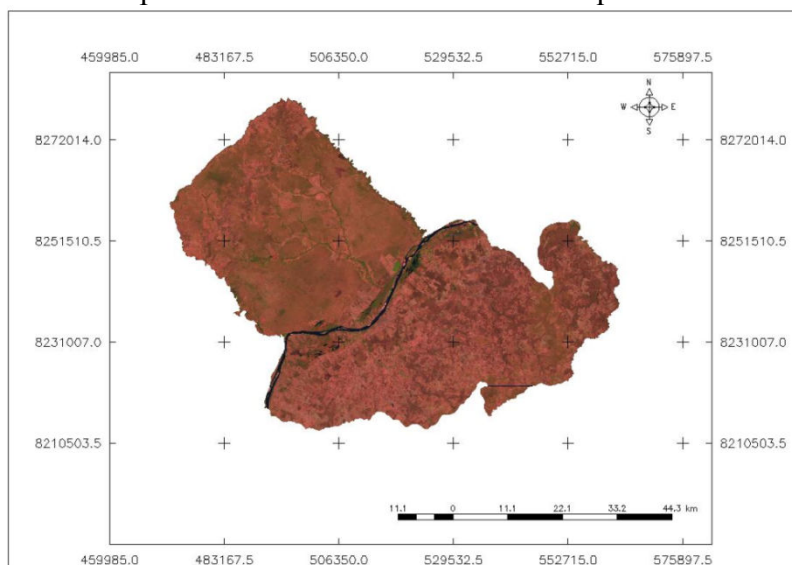


Figura 2: Composição RGB do município de São Francisco.

A resposta espectral do NDVI, para esses pixels estão em um intervalo de 0,15 a 0,25, áreas destacadas em vermelho, na Figura 3.

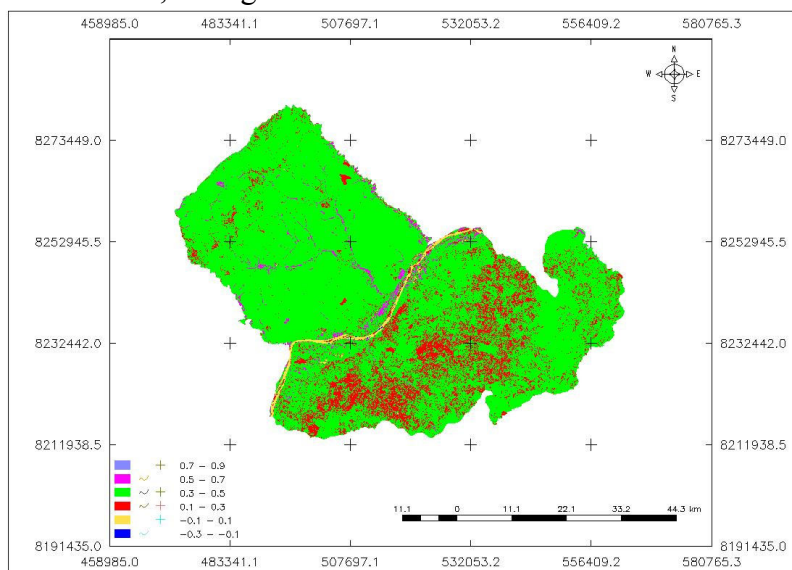


Figura 3: Imagem NDVI do município de São Francisco.

Já o SAVI apresentou valores mais baixos em relação ao NDVI para essas mesmas áreas, assumindo um intervalo de 0,06 a 0,13 (Figura 4), realçados em tons de vermelho. Esta resposta pode estar relacionada, especialmente, aos valores de L em regiões de cerrado.

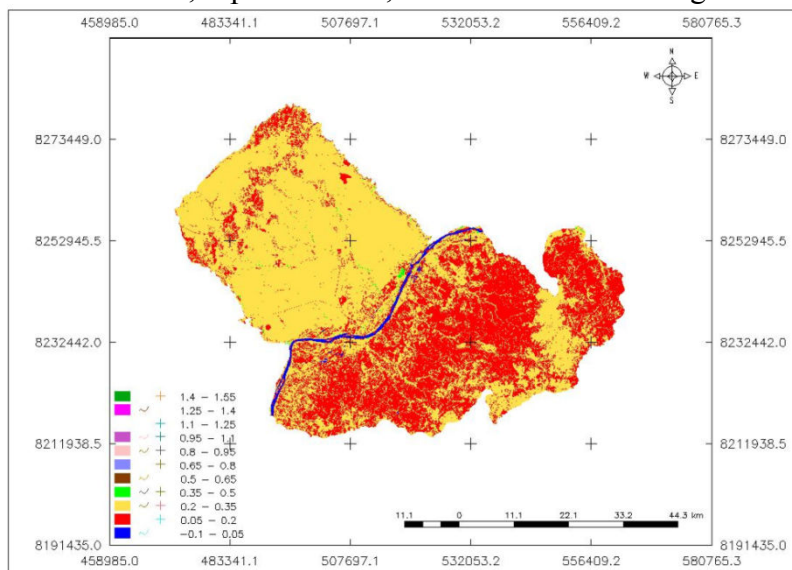


Figura 4: Imagem SAVI do município de São Francisco.

No caso do IAF, o intervalo encontrado em áreas queimadas assumiu valores entre 0,9 a 1,1 (Figura 5), valores baixos ao se comparar com uma área que apresenta vegetação com mais vigor, que apresentou índice de área foliar, aproximadamente, igual a 3.

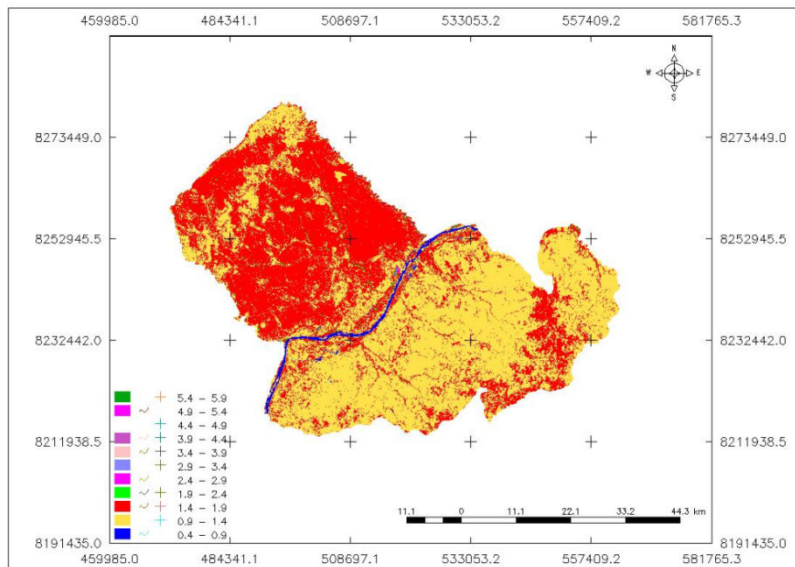


Figura 5: Imagem IAF do município de São Francisco.

Esses locais apresentaram altas temperaturas, variando entre 35°C e 41°C, devido à alta absorção de radiação pelas cinzas, enquanto que as demais áreas apresentaram temperatura máxima de 30°C (Figura 6).

A partir da análise dos índices pode-se notar que os três índices de vegetação enfatizaram áreas que sofreram queimadas, apesar disso, a temperatura do solo apresentou maior eficiência na detecção dessas áreas, de acordo com a Figura 6.

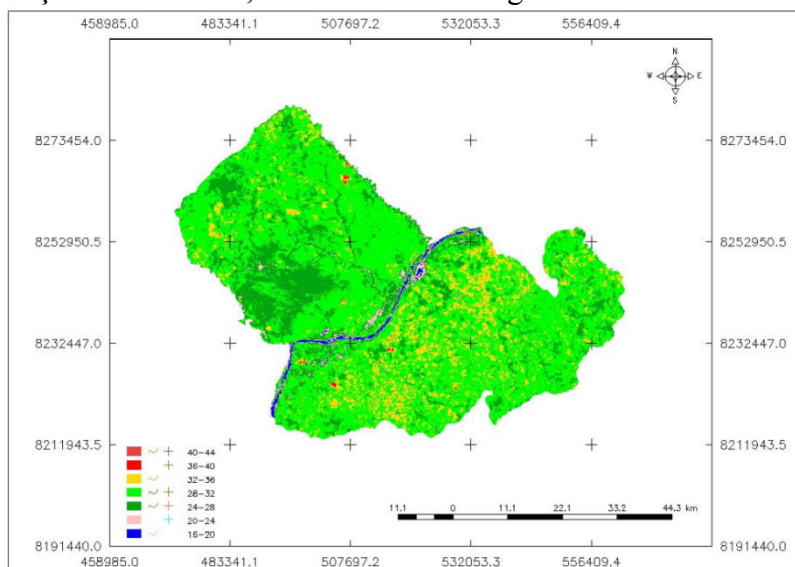


Figura 6: Temperatura do solo do município de São Francisco.

De acordo com o INPE, o município apresentou 32 focos de calor somente no mês de setembro de 2010. A partir da aplicação de um algoritmo que envolve os intervalos destacados nos índices, obteve-se a Figura 7 que representa apenas as áreas queimadas no município, pixels brancos. Descartando as demais áreas, apesar disso, o algoritmo ainda ressaltou algumas interferências, que podem ser explicadas pela alta temperatura em solos expostos e com uma altitude mais elevada.

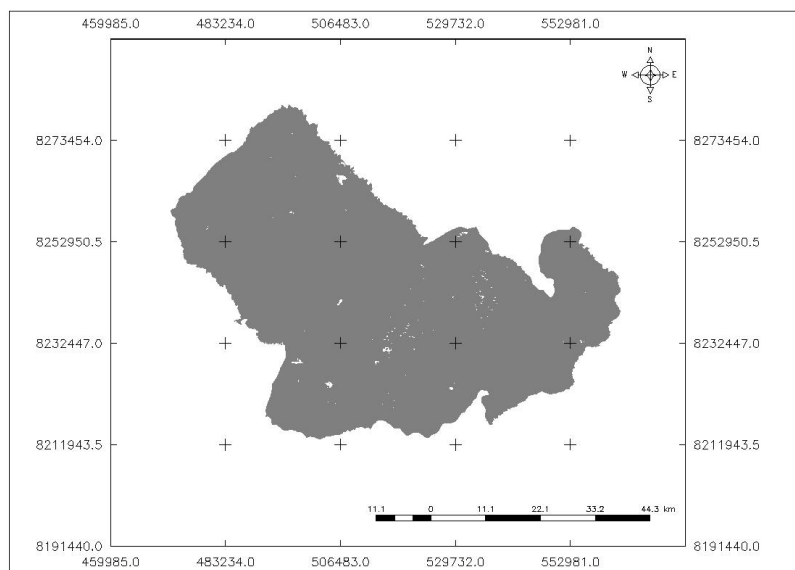


Figura 7: Aplicação dos intervalos dos índices de vegetação associado à imagem de temperatura da superfície.

4. Conclusão

A utilização dos índices de vegetação, juntamente com a temperatura do solo em um único algoritmo, mostrou-se eficaz na identificação de áreas queimadas, possuindo maior confiabilidade em áreas menores, que apresentam menor quantidade de interferências.

Referências

Antunes, J. F. G.; Esquerdo, J. C. D. M. Mapeamento do risco de incêndio na bacia do Alto Paraguai utilizando dados AVHRR-NOAA. **Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Corumbá, 7-11 novembro 2009, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.362-371. [online] <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/630976>>. Acesso em 21 out. 2014.

Chavez Jr., P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.24, p.459-479, 1988.

Favarin, J. L; Neto, D. D; Garcia A. G. y; Villa Nova, N. A, Favarin, M. da G. G. V; Equações para a estimativa do Índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília**, v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002. On-line. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n6/10553.pdf>> Acesso em: 16 out. 2014.

Florenzano. Teresa Gallotti., 2002. **Imagens de satélite para estudos ambientais**, Oficina de textos, São Paulo, 97 páginas.

Freitas, E.V. **Queimadas no Brasil: Causa Real nas Rodovias**. 2010. 25 Folhas. Pesquisa Voluntária. Itabira. 2010

Freitas, S. R.; Longo, K. M.; Dias, M. A. F. S.; Dias, P. L. S. **Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul**. *Estud. av.* 2005, vol.19, n.53, pp. 167-185. ISSN 0103-4014. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142005000100011>>. Acesso em 02 02 set. 2014.

Gürtler, S.; Epiphanyo, J.C.N.; Luiz, A.J.B.; Formagio, A.R. Planilha eletrônica para o cálculo da reflectância em imagens TM e ETM+ Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, Presidente Prudente, v.57, n.2, p.162-7, 2005.

Huete, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing Environ.* Vol. 25, 1988. In: Rosendo, J. dos S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis**. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do

Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005. On-line. Disponível em: < http://ecologia.ib.usp.br/lepac/bie5759/jussara_santos.pdf> Acesso em: 15 de out. de 2014.

Inpe, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento de queimadas**, 2010. Disponível em: www.inpe.br/ Acesso em: 09/11/2014.

Malaret, E.; Bartolucci, L.A.; Lozano, D.F.; Anuta, P.E.; Mcgillum, C.D. Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper data quality analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 51, n. 9, p. 1407-1416, 1985. In: Azevedo, G. F.; Souza N. M. de. *Uso de imagens Landsat TM 5 para análise da temperatura de superfície do Distrito Federal*. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0877.pdf>>. Acesso em 21 out. 2014

NASA – National Aeronautics and Space Administration. Chapter 11 - Data Products. Disponível em: <http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.html>. Acesso: 15 de out. 2014.

Nepstad, D. C., A. Moreira & A. A. Alencar. 1999. **A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil. 202 p.; il. [online]. Disponível em: < <http://www.ipam.org.br/biblioteca/livro/id/334>>. Acesso 21 out. 2014

Piromal, R. A. S.; Rivera-Lombardi, R. J.; Shimabukuro, Y. E.; Formaggio, A. R.; Krug, T. **Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia**. *Acta Amaz.* [online]. 2008, vol.38, n.1, pp. 77-84. ISSN 0044-5967. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000100009>> acesso em 04 set. 2014.

Ponzoni, F. J.; **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: Diagnosticando a mata atlântica**. INPE. São José dos Campos .2002. Disponível em:< http://ecologia.ib.usp.br/lepac/bie5759/CAP8_FJPonzoni.pdf> Acessado em: 26 out.2014.

Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. In: *Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 3, 1973. Proceedings. Washington, 1973, v.1, Sec.A, p. 309-317 In:Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. p.144. São José dos Campos - SP: Editora Parêntese, 2009. On-line. Disponível em : <<http://www.cvmn.com.br>> Acesso em: 15 out. 2014.

Rosendo, J. dos S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis**. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005. On-line. Disponível em: < http://ecologia.ib.usp.br/lepac/bie5759/jussara_santos.pdf> Acesso em: 15 de out. 2014.