

Utilização de intervalos de índices de vegetação e temperatura da superfície para detecção de queimadas

Ana Clara Gonçalves Fernandes*¹, Marcos Antônio Neris Coutinho¹, Venilson Gonçalves Santos¹, Cristina Rodrigues Nascimento²

Resumo

O trabalho foi realizado com imagens do satélite LANDSAT-8, órbita/ponto 219/71 que engloba a APA (Área de Preservação Ambiental) do Rio Pandeiros e teve por objetivo identificar um padrão de resposta espectral de áreas queimadas em imagens de satélite através dos índices de vegetação e temperatura da superfície. Para isso, foram utilizadas imagens do dia 06/10/2014, aplicando: o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI), o Índice de Área Foliar (IAF), Índice da Água da Diferença Normalizada (NDWI) e o Índice de queima Normalizada (NDBR), além da temperatura do solo. Os índices mostraram intervalos espectrais característicos para as cicatrizes de queimadas, sendo o NDVI de 0,0735 a 0,229, o SAVI de 0,03 a 0,19, o IAF de 0,78 a 1,25, valores considerados baixos se comparados com áreas de vegetação em pleno vigor. O NDWI apresentou intervalo de -0,35 a -0,17 e o NDBR de -0,37 a -0,05. Para a temperatura superficial a variação foi de 35,5°C a 42°C, referentes a alta absorção de radiação pelas cinzas. A área encontrada por cada índice foi: NDVI=7037,55 ha, SAVI=7522,65 ha, IAF= 6549,39 ha, NDWI=10019,16 ha, NDBR= 6347,79 ha e temperatura superficial=8445,51 ha. Essa diferença pode ser explicada pelas especificidades de cada método, além das interferências sofridas por fatores, como solo exposto e variações de relevo. Os intervalos identificados obtiveram boa eficiência na detecção de cicatrizes de queimadas, sendo o NDWI o índice que apresentou maior interferência desses fatores.

Palavras-chave: Imagens de satélite. Impactos ambientais. Plataformas Orbitais.

Use of intervals of vegetation index and surface temperature to detect fires

Abstract

The work was conducted with images from the Landsat-8 satellite orbit / point 219/71 that encompassing the APA's (area of environmental preservation) Rio and it aimed to identify a spectral response pattern of burned areas in satellite images through vegetation and temperature index surface. In order to achieve these targets, images from 10.06.2014 were used applying the following index: Difference Vegetation Index Normalized (NDVI), Adjusted Vegetation Index for the Soil (SAVI), Leaf Area Index (LAI) Index Water Normalized Difference (NDWI), Normalized burning Index (NDBR), and the soil temperature. The indices have shown spectral ranges for the scars of fires of: NDVI from 0.0735 to 0.229, the SAVI from

¹Acadêmico(a) de Engenharia Agrícola e Ambiental – Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

*Autora para correspondência: fernandes.anaclara@yahoo.com.br

²Docente Orientadora – Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

Recebido para publicação em 24 de novembro de 2015

Aceito para publicação em 13 de agosto de 2016

0.03 to 0.19, and IAF from 0.78 to 1.25, which is considered low values compared to green area in full force. The NDWI showed ranges from -0.35 to -0.17 and the NDBR from -0.37 to -0.05. For the surface temperature was found variation on the interval between 35.5°C and 42°C, relative to high radiation absorption by ashes. The area for each index corresponds to: NDVI = 7037.55 ha, SAVI = 7522.65 ha, IAF = 6549.39 ha, NDWI = 10019.16 ha, NDBR = 6347.79 ha and surface temperature = 8445,51 ha. This difference can be explained by the specificities of each method, besides the interference suffered by factors such as exposed soil and terrain variations. The identified intervals obtained good efficiency in the detection of fire scars being the NDWI the index that showed the highest interference of these factors.

Keywords: Satellite images. Environmental impacts. Orbital platforms.

Introdução

A utilização do processo de queimadas é crescente no Brasil e se intensifica principalmente nos períodos mais secos do ano, podendo dividir os focos em fontes naturais e antrópicas. Este processo está intimamente ligado com a limpeza de áreas para expansão agrícola e pecuária, além de ser utilizado como forma de manejo em algumas culturas como a cana de açúcar. Essa técnica acarreta diversos danos à saúde humana e, principalmente, no ecossistema onde ocorre, já que modifica condições de solo, fauna e flora. Segundo Freitas (2010), no Brasil os biomas mais atingidos por essa prática são a Amazônia e o Cerrado, sendo este último o mais frágil, restando apenas 20% da sua vegetação natural, além de ser considerada uma das principais fontes de gases devido ao seu tamanho e frequência.

As áreas passíveis de proteção por suas características especiais são denominadas Unidades de Conservação (UC) e podem ser divididas em duas classes, proteção integral e uso sustentável. As Áreas de Proteção Ambiental se enquadram na classe de uso sustentável e totalizam cerca de 2.154.705,71 hectares no estado de Minas Gerais, sendo que desse total a APA do Rio Pandeiros ocupa cerca de 396.060,407 hectares, sendo considerada a maior do Estado. Contudo, algumas atividades como as queimadas podem colocar em risco a integridade dessas áreas.

Na maioria das vezes o processo de quantificação dos danos causados e até mesmo do combate de queimadas se torna mais oneroso pelo difícil acesso as áreas atingidas, através disso, algumas alternativas devem ser levadas em consideração, como a utilização de imagens de satélite. Os sensores remotos permitem a aquisição de informações, tornando possível o monitoramento de áreas atingidas pelo fogo,

principalmente de grandes extensões. Ao associar informações climáticas e morfológicas da área com os resultados do sensoriamento remoto a confiabilidade dos dados se torna maior.

Batista (2013) destaca a importância da utilização de imagens de satélite para o monitoramento de áreas queimadas, já que esta técnica possui grande eficiência e baixo custo. Além disso, a rapidez e eficiência na detecção e monitoramento dos incêndios florestais são de fundamental importância para o controle do fogo, a redução dos custos nas operações de combate e atenuação dos danos. Levando em consideração que um conhecimento inadequado da localização do incêndio e extensão da área queimada pode prejudicar a estimativa do impacto do fogo sobre o ambiente.

Dentre as diversas ferramentas do sensoriamento remoto, os índices espectrais de vegetação destacam-se na detecção de áreas queimadas, já que analisam a resposta singular da vegetação em relação ao solo e outros alvos através de intervalos numéricos. Desses índices pode-se ressaltar o Índice de Vegetação na Diferença Normalizada (NDVI), o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI), Índice da Água da Diferença Normalizada (NDWI), o Índice de queima Normalizada (NDBR) e o Índice de Área Foliar (IAF). Associado a esses índices, muitos estudos correlacionam também a temperatura da superfície.

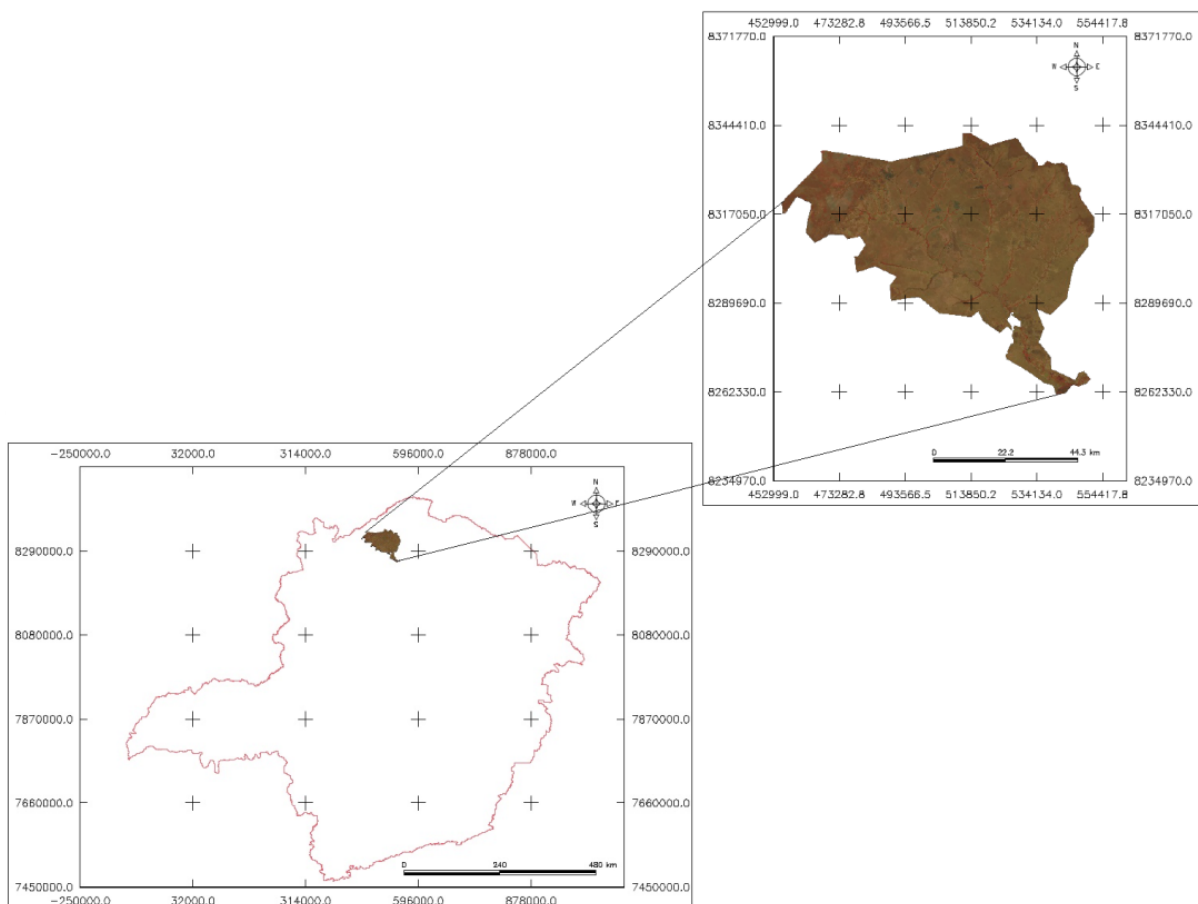
Objetivou-se, nesta pesquisa, identificar um padrão de resposta espectral de áreas queimadas em imagens de satélite através dos índices de vegetação NDVI, SAVI, NDBR, IAF, NDWI e a temperatura do solo na Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pandeiros, localizada em Minas Gerais, nos municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho.

Material e métodos

A área de estudo encontra-se localizada nos municípios de Januária, Cônego Marinho e Bonito de Minas e é composta pela Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros que foi criada através da Lei Estadual nº 11.901 de 01 de setembro de 1995.

Para obtenção dos dados foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT-8 sensores OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), referentes à órbita/ponto 219/71, onde se encontra a APA do Rio Pandeiros entre as coordenadas planas X1: 402600.0000 e X2: 632130.0000 e Y1: 8124970.0000 e Y2: 8358100.0001, fazendo parte da macro bacia do rio São Francisco (FIGURA 1).

Figura 1 - Localização espacial da APA do Rio Pandeiros em Minas Gerais



Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Essas imagens correspondem ao dia 06/10/2014 e foram obtidas junto ao *United States Geological Survey* (USGS), sendo adotada a projeção *Universal Transverso de Mercator* (UTM) e o datum WGS 84. Para o mapeamento dos dados foram utilizadas as bandas 4 (vermelho), 5 (infravermelho próximo), 7 (infravermelho médio) e 10 e 11 (termal) das imagens. As bandas 4,5 e 7 foram utilizadas para determinação dos índices de vegetação, enquanto que as bandas 10 e 11 foram utilizadas para o cálculo da temperatura da superfície.

A estruturação e análise dos dados foram realizadas através de um banco de dados criado no *software* SPRING 5.2. Com a finalidade de reduzir possíveis interferências na resposta espectral da imagem causadas pela atmosfera e por aerossóis foi realizada uma correção atmosférica nas bandas 4,5, 6 e 7, utilizando a metodologia proposta por Tizado (2014). Primeiramente, calculou-se o Esun, segundo a Equação 1.

$$E_{sun} = (\pi * d^2) * \frac{RADIANCE_MAXIMUM}{REFLECTANCE_MAXIMUM} \quad (1)$$

Onde;

E_{sun} = refletância média da atmosfera, medida em $\text{Watts.m}^{-2}.\text{srad}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$;

d = distância entre a terra e o sol, obtido no Metadado;

$RADIANCE_MAXIMUM$ = radiância máxima da banda (i), obtida no Metadado;

$REFLECTANCE_MAXIMUM$ = refletância máxima da banda (i), obtida no Metadado;

Em seguida, calculou-se o $Sun_radiance$, pela Equação 2.

$$Sun_radiance = [E_{sun} * \sin(\theta)] / (\pi * d^2) \quad (2)$$

Onde;

$Sun_radiance$ = a radiação emitida pelo sol, medida em $\text{Watts.m}^{-2}.\text{srad}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$;

E_{sun} = refletância média da atmosfera, medida em $\text{Watts.m}^{-2}.\text{srad}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$;

θ = ângulo de elevação solar, obtido no Metadado;

d = distância entre a terra e o sol, obtido no Metadado.

Por fim, calculou-se a refletância da superfície, segundo a Equação 3.

$$Refletância = (DN * RADIANCE_MULT + RADIANCE_ADD) / Sun_radiance \quad (3)$$

Onde:

Refletância = valor da radiação refletida por cada pixel;

$RADIANCE_MULT$ = radiância da banda, obtida no Metadado;

$RADIANCE_ADD$ = radiância da banda, obtida no Metadado;

$Sun_radiance$ = a radiação emitida pelo sol, medida em $\text{Watts.m}^{-2}.\text{srad}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$.

Com o uso do Spring/Legal, que consiste em uma plataforma que permite a utilização de linguagem algorítmica para realizar diversas operações, como por exemplo, a aplicação dos índices de vegetação: Índice de Vegetação Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), Índice de queimada Normalizada (NDBR), o Índice de Área Foliar (IAF), o Índice da Água da Diferença Normalizada (NDWI), além da temperatura superficial em graus.

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi proposto por Rouse *et al.* (1973) *apud* Ponzoni; Shimabukuro, (2009) pela Equação 4, e adota valores que variam de -1 a 1, onde, segundo Rosendo (2005) os valo-

res próximos a 1 indicam vegetação mais densa, enquanto que os mais próximos a 0 (zero) superfície não vegetada.

$$NDVI = \frac{\rho_5 - \rho_4}{\rho_5 + \rho_4} \quad (4)$$

Onde, ρ_4 = é a refletância na região do visível (vermelho) (0,63-0,69 μm) e ρ_5 = a refletância no infravermelho próximo (0,78-0,90 μm).

A Equação 5 apresenta o SAVI, proposto por Huete (1988) *apud* Rosendo, (2005) 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 à característica do cerrado foi considerado $L = 0,5$.

$$SAVI = \frac{(1 + L) * (\rho_5 - \rho_4)}{(L + \rho_5 + \rho_4)} \quad (5)$$

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 6. 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.

$$IAF = -\frac{(\ln(0,69 - SAVI)/0,59)}{0,91} \quad (6)$$

O Índice da Água da Diferença Normalizada (NDWI) mede o teor de umidade na vegetação, sendo calculado através da refletância do infravermelho próximo e infravermelho médio conforme a Equação 7.

$$NDWI = \frac{\rho_5 - \rho_6}{\rho_5 + \rho_6} \quad (7)$$

Onde, ρ_5 = a refletância no infravermelho próximo e ρ_6 = a refletância no infravermelho médio.

O Índice de Queimada Normalizada (NDBR) foi desenvolvido por Koutsias e Kartaris (1998) *apud* Cardozo et. al, (2011) e utiliza as bandas 5 (infravermelho próximo) e 7 (infravermelho médio) do sensor OLI, do Landsat 8, apresentando um melhor contraste entre a área queimada e a vegetação saudável. Esse índice é obtido através da Equação 8.

$$NDBR = \frac{\rho_5 - \rho_7}{\rho_5 + \rho_7} \quad (8)$$

Onde, ρ_5 = a refletância no infravermelho próximo e ρ_7 = a refletância no infravermelho médio.

Para a determinação da temperatura da superfície, foram utilizadas as imagens das bandas 10 e 11 do sensor TIRS do Landsat 8. Segundo a metodologia de Ariza (2013) os níveis de cinza foram convertidos em radiancia pela Equação 9 e, posteriormente, seguiu-se o padrão para temperatura em graus celsius fundamentado na Equação 10.

$$L_\lambda = M_p * Q_{cal} + A_p \quad (9)$$

Onde;

L_λ = refletância espectral, medida em Watts.m⁻².

srad⁻¹µm⁻¹;

M_p = fator multiplicativo de escala específico por banda, obtido no Metadado;

Q_{cal} = banda (i);

A_p = fator aditivo de escala específico por banda (i), obtido no Metadado.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273,15 \quad (10)$$

Onde;

T = Temperatura efetiva no satélite em Celsius (°C);

K₂ = Constante de calibração da banda 10 ou 11 (K);

K₁ = Constante de calibração da banda 10 ou 11 (K);

L_λ = Radiancia espectral em Watts/(m² srµm).

Com o intuito de separar em intervalos os valores obtidos pela temperatura da superfície e índices de vegetação, foi realizado o fatiamento, atribuindo cores a cada classe. E teve por objetivo destacar os intervalos obtidos nas áreas queimadas.

Resultados e discussão

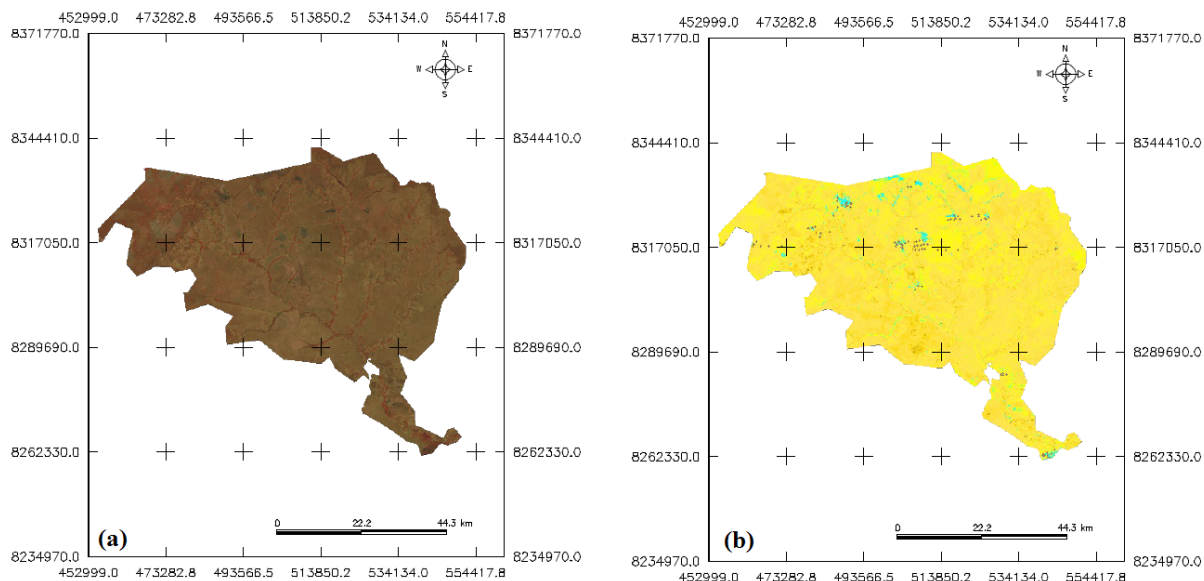
Ao interpretar as imagens na composição colorida R5G6B4 (FIGURA 2-a) algumas áreas se destacaram em tons mais escuros que representam pixels com características de áreas queimadas, sendo similar à resultados encontrados para os índices de vegetação NDVI, NDBR, SAVI, IAF e NDWI, além da temperatura da superfície.

O sistema de monitoramento de queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais aponta a aquisição de focos de calor realizada por quatro satélites meteorológicos: NOAA, GOES, Terra e Aqua. Esses registraram 92 focos de calor, somente na área de estudo, entre os dias 21/09/2014 e 06/10/2014, data da aquisição da imagem. Ao confrontar os focos de calor com as imagens, observa-se um certo deslocamento em relação às queimadas detectadas na Figura 2-b em tons de azul, sendo que as cicatrizes de maior dimensão possuíam maior precisão. Remmel e Perera (2001), ao analisa-

rem a precisão dos focos de calor em relação às cicatrizes de queimadas observaram resultados semelhantes aos demonstrados na pesquisa, onde o aumento da precisão na detecção está diretamente relacionada à extensão da área queimada. Além disso, alguns fatores externos

como o recobrimento do céu por nuvens ou até mesmo a rápida combustão do material no solo podem ter interferido na identificação de alguns polígonos de queimadas pelos focos de calor. (GONTIJO *et al.*, 2011).

Figura 2 – APA do Rio Pandeiros



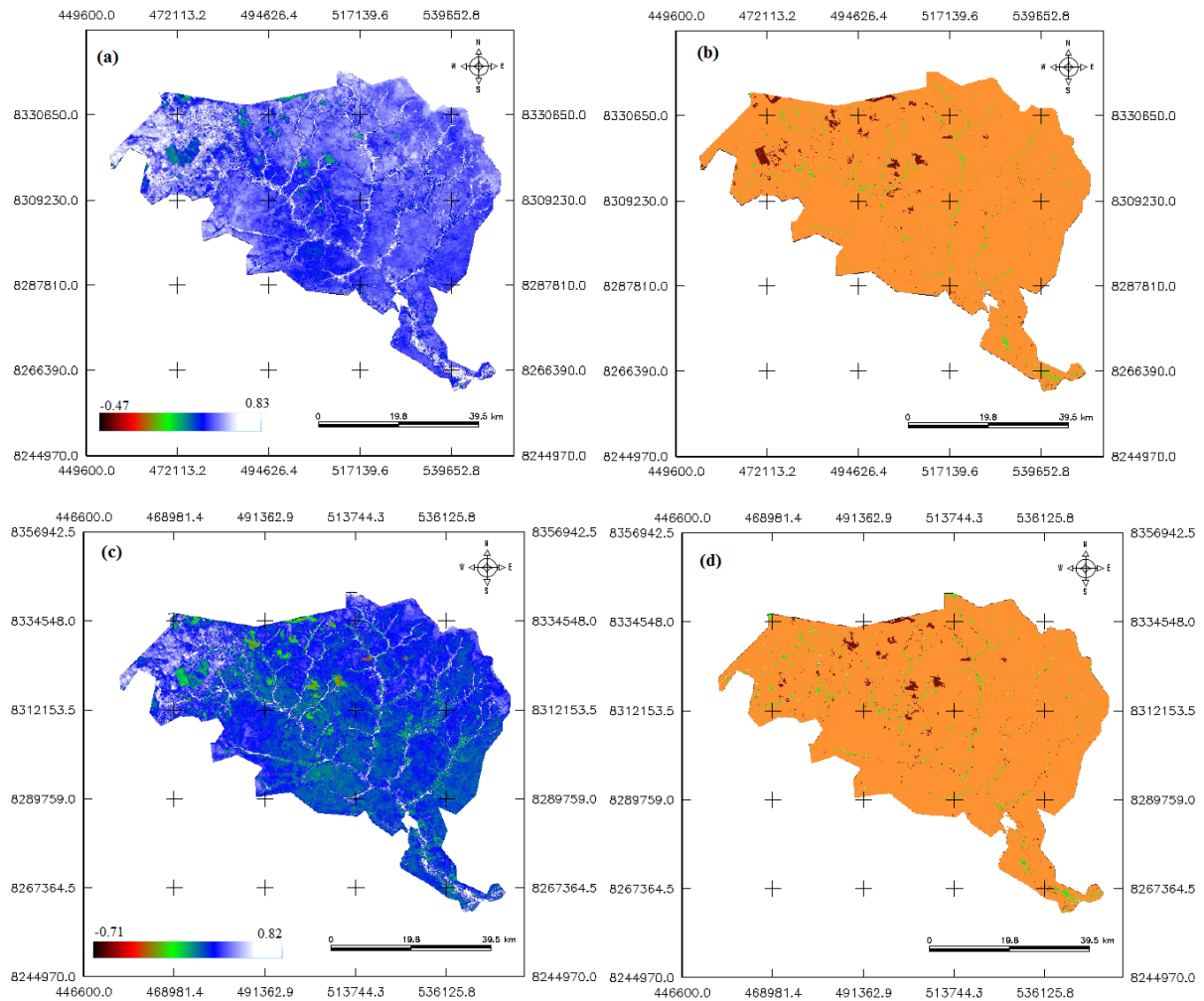
Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Os padrões espectrais obtidos por cada índice e pela temperatura da superfície foram dispostos em intervalos de pixels, que ao serem aplicados nas imagens, através do fatiamento, destacaram as áreas queimadas em tons de marrom, e as áreas de vegetação em tons de verde. Os demais alvos não foram especificados, adotando tons de alarajando nas imagens (FIGURAS. 3-b, 3-d, 4-b, 4-d, 5-b, 5-d). A partir da imagem fatiada calculou-se a área queimada identificada por cada variável estudada.

O NDVI assumiu valores em uma amplitude de -0,47 a 0,83, sendo os valores mais baixos associados à áreas com ausência de vege-

tação. Já nas cicatrizes de queimadas os pixels assumiram valores entre 0,0735 e 0,229, destacando-se na Figura 3-a com paleta de cores em tons de verde. O baixo vigor vegetativo, expresso pela ausência ou pouca vegetação, também apresentou baixos valores de NDVI em trabalhos realizados por Silva *et.al* (2009). O NDBR apresentou maior sensibilidade na identificação dessas cicatrizes, detectando pixels com valores entre -0,05 e 0,37, destacando-se na Figura. 3-c em tons de verde e vermelho, sendo esse último para os menores valores de NDBR, mais próximos a -0,05, o que permite identificar áreas que ocorreram queimadas mais severas e recentes.

Figura 3 – NDVI e NDBR

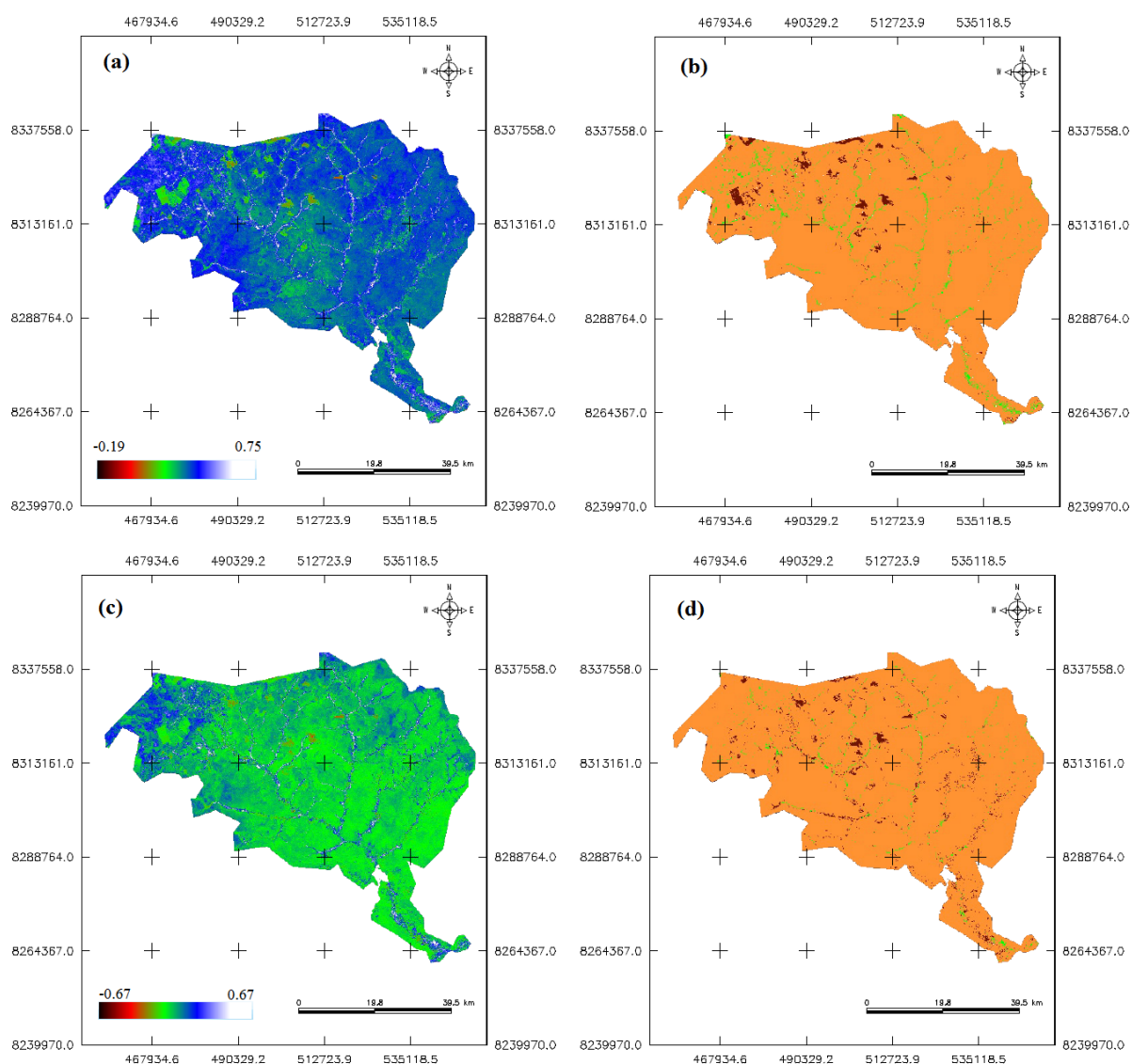


Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Os resultados do SAVI e do NDWI estão representados na Figura 4, destacando a eficiência do SAVI na detecção de cicatrizes de queimadas entre o intervalo de pixels que variam de 0,03 a 0,19 (FIG. 4-a), representadas em tons de verde e vermelho. Os pixels do

NDWI destacaram-se em vermelho na Figura 4-c, englobando valores entre -0,35 a -0,17. Apesar disso, essas áreas não se destacaram com tanta ênfase como os três índices anteriores.

Figura 4 – SAVI e NDWI

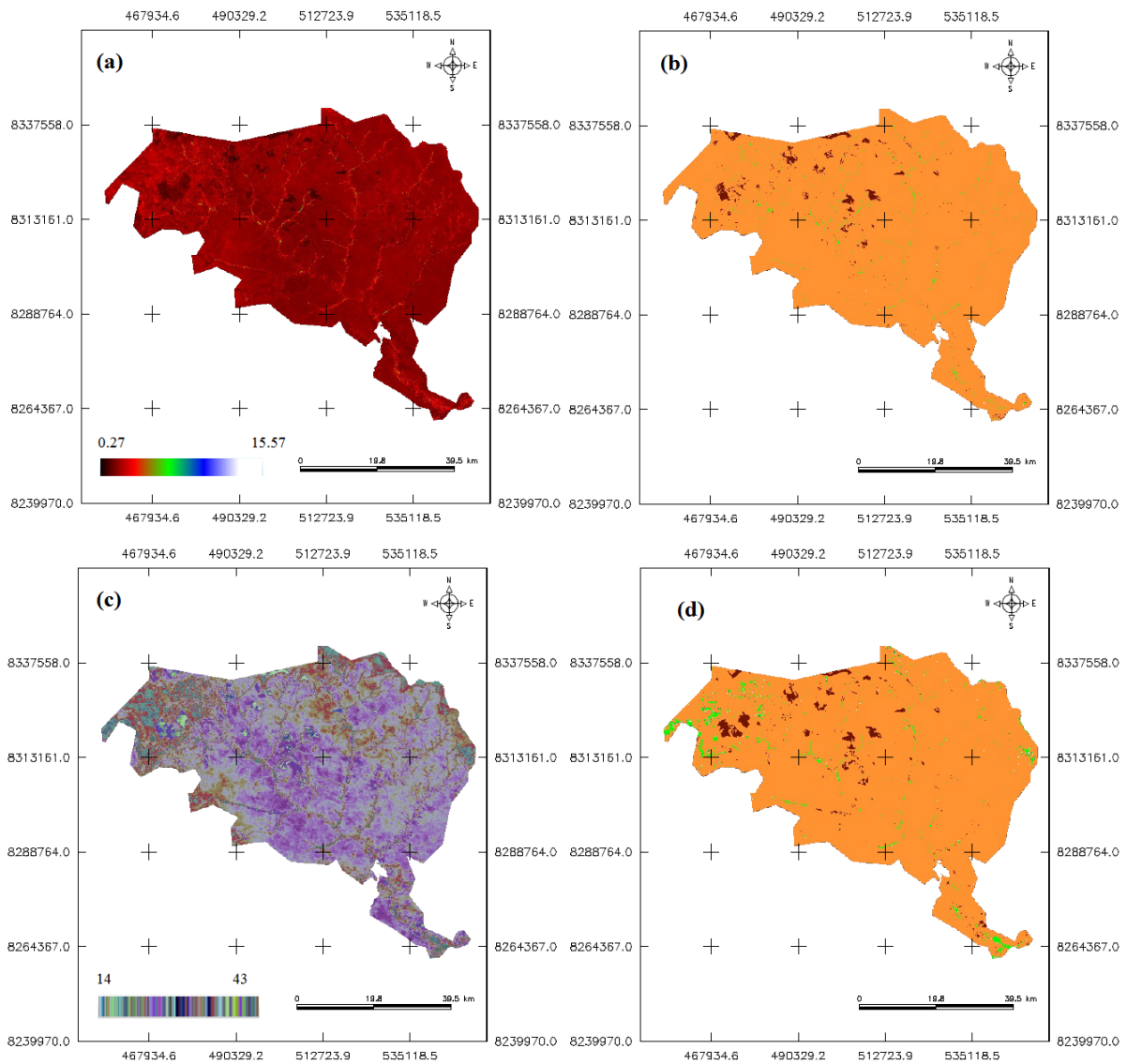


Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

O IAF apresentou valores considerados baixos quando comparados a áreas de vegetação em pleno vigor, evidenciando um intervalo de 0,78 a 1,25. Já as temperaturas da superfície detectadas para as cicatrizes de queimadas encontram-se dispostas entre 36 e 42°C, valores

altos e que podem ser associados, principalmente, a alta absorção de radiação pelas cinzas. Na Figura 5-a as cicatrizes de queimadas assumiram tons de vermelho escuro enquanto que a temperatura da superfície destacou-se em tons mais claros (FIG. 5-c).

Figura 5 – IAF e Temperatura da superfície



Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Os intervalos obtidos nas cicatrizes de queimadas, bem como o método utilizado e a

área quantificada por cada índice está exposto na Tabela 1.

Tabela 1: Método utilizado e quantificação de área queimada

Método	Intervalo	Área Identificada (ha)
NDVI	0.0735 – 0.229	7037.55
SAVI	0.03 – 0.19	7522.65
IAF	0.78 – 1.25	6549.39
NDWI	-0.35 - -0.17	10019.16
NDBR	-0.37 - -0.05	6347.79
Temperatura (°C)	35.5 - 42	8445.51

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Devido a especificidade de cada método, as áreas encontradas foram diferentes,

variando de 6549.39 à 10019.16 hectares. O NDVI e o SAVI obtiveram áreas semelhantes,

já que fundamentam-se no vigor vegetativo da planta, além disso, o SAVI, especificamente, aborda o fator de correção do solo ($L=0,5$). As áreas quantificadas para o IAF e NDBR foram razoavelmente menores se comparadas com as demais. Já o NDWI foi o índice que apresentou maior discrepância na mensuração da área queimada, enquanto que a temperatura da superfície obteve resultados relativamente menores que o NDWI e superiores aos demais. As sombras de relevo podem ser apontadas como um dos principais interferentes nesses resultados, sendo o NDWI o índice mais sensível à detecção das mesmas.

O Instituto Estadual de Florestas quantificou para o mês de setembro uma área queimada de 1229,80 há, valor abaixo dos encontrados pelos índices e temperatura da superfície. Fato que pode ser explicado pelo difícil acesso à algumas áreas, impossibilitando a mensuração da cicatriz da queimada pelo IEF, além disso, queimadas anteriores ao mês especificado não foram levadas em consideração pelo órgão. Como os índices de vegetação, bem como a temperatura da superfície, baseiam-se na resposta espectral de alvos, é possível que cicatrizes anteriores tenham sido quantificadas, já que a resposta espectral das cicatrizes mais antigas se assemelham com as mais recentes, visto que, o processo de regeneração nessa época do ano é considerado baixo, devido a associação de diversos fatores climáticos.

Além disso, alguns pixels isolados possuem resultados semelhantes aos intervalos contabilizados como queimadas pelo NDVI e NDBR tornando menos precisa a quantificação da área queimada pelos mesmos (SILVA; MIRANDA; NASCIMENTO, 2013). Trindade *et al.*, (2013) ao analisarem a utilização do NDVI para identificação de queimadas obtiveram resultados satisfatórios, porém houve uma superestimação destas áreas em terrenos com solo exposto e nas sombras do relevo e uma subestimação em determinados locais.

Conclusão

A utilização dos índices de vegetação, bem como da temperatura da superfície demonstrou eficiência na identificação de cicatrizes de queimadas, podendo ser utilizada como uma importante ferramenta para a quantificação de áreas queimadas.

Apesar disso, o NDWI apresentou pixels com resultados semelhantes aos intervalos obtidos em áreas queimadas, sendo o índice de vegetação que sofreu maior interferência de solo exposto e das diferenças de relevo.

Os intervalos obtidos para os demais índices além da Temperatura da superfície apresentaram áreas diferentes, mas sofreram menor interferência do solo.

Referências

ARIZA, A. **Descripción y corrección de productos landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission) Versión 1.0**. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. Colombia, 2013. Disponível em: <<http://andersonmedeiros.com/livro-descricao-correcao-productos-landsat-8/>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

BATISTA, A. C. **Deteção de incêndios florestais por satélites**; Paraná, 2013. Disponível em: <<http://www.floresta.ufpr.br/firelab/wp-content/uploads/2013/09/artigo16.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

FREITAS, E. V. Queimadas no Brasil: Causa Real nas Rodovias. 2010. 25 Folhas. **Pesquisa Voluntária**. Itabira. 2010. Disponível em: <http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/queimadas_ed_viana.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2015.

GONTIJO, G. A. B.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, E. D. S.; ACERBI JÚNIOR, F. W. Deteção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, (SBSR). 2011. Curitiba, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 7966-7973. Disponível em: <<http://www.ltid.inpe.br/sbsr2011/files/p1587.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

HUETE, A. R. *A soil adjusted vegetation index (SAVI)*. **Remote sensing environ**. V. 25, 1988. Citado por: 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. Online. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/lepac/bie5759/jussara_santos.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

- KOUTSIAS, N.; KARTERIS, M. Logistic regression modelling of multitemporal Thematic Mapper data for burned area mapping. *International Journal of Remote Sensing*, v. 19, p. 3499–3514, 1998. Citado por: CARDOZO, F. S. et al. Avaliação de áreas queimadas a partir dos índices espectrais NDVI e NDBR. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO** (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 7950-7957. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1429.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2015.
- 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>. Acesso em: 15 jun. 2015.
- REMMEL, T. K.; PERERA, A. H. Fire mapping in a northern boreal forest: assessing AVHRR/NDVI methods of change detection. **Forest Ecology and Management**. Oct. 2001. p. 119-129. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112700005946>>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- ROSENDO, J. 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. Disponível em: < http://ecologia.ib.usp.br/lepac/bie5759/jussara_santos.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W., Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. **Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**, 3, 1973. Proceedings. Washington, 1973, v.1, Sec.A, p. 309-317. Citado por: PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. p.144. São José dos Campos - SP: Editora Parêntese, 2009. Disponível em :<<http://www.cvmn.com.br>>. Acesso em: 05 maio 2015.
- SILVA, C. A. V. da; SILVA, H. A. da; OLIVEIRA, T. H. de; GALVINCIO, J. D. Uso do sensoriamento remoto através de Índices de Vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá – PE. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 14 (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p.3079-3085. Disponível em: <<http://mar.tecnico.ipecc.gov.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.02.18.31/doc/3079-3085.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- SILVA, R. G. da; MIRANDA, J. da R.; NASCIMENTO, C. R. Detecção de áreas queimadas no Parque Estadual de Serra Nova/MG utilizando os índices espectrais NDVI e NDBR. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 16 (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 6923-6929. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0772.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2015.
- TIZADO, E. J., I. LANDSAT. **TOAR - Calculates top-of-atmosphere radiance or reflectance and temperature for Landsat MSS/TM/ETM+/OLI**. Dept. Biodiversity and Environmental Management, University of León, Spain, 2014. Disponível em: <<http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/i.landsat.toar.html>>. Acesso em: 25 jan. 2015.
- TRINDADE, C. A.; TRINDADE B. O.; SANTANAC. R. Uso de imagens de satélite para identificação de áreas queimadas para uso em laudos periciais de incêndios florestais. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 16 (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p.2809-2816. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1369.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2015.