

## **Caracterização e monitoramento de focos de queimadas na região norte de Minas Gerais a partir de imagens de satélites**

Jonathan da Rocha Miranda<sup>1</sup>  
Rosane Gomes da Silva<sup>1</sup>  
Gracielle de Brito Sales<sup>1</sup>  
Roberto Filgueiras<sup>1</sup>  
Cristina Rodrigues Nascimento<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduandos em Eng. Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Ciências Agrárias (UFMG/ICA) - Campus Regional de Montes Claros Avenida Universitária, 1.000 – Bairro Universitário – Montes Claros -MG – Brasil  
CEP: 39.404-547  
{jhonerocha7,gracielle,rosane}@gmail.com

<sup>2</sup>Profa. Dra., Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Ciências Agrária - UFMG/ICA, Montes Claros/MG, Brasil.  
crisrodnas@gmail.com

**Abstract.** The Northern region of Minas Gerais is considered a transition area between the biomes Caatinga and Savannah, with predominance of the Cerrado and its variations. It is common to the occurrence of fires, which can be caused naturally or by anthropogenic actions, resulting in changes in the landscape. In this context the work had as its goal the creation of an algorithm that enables the identification of operational standards and/or scars of fires, from the association of a geographical information system and temporal data obtained from the MODIS images/earth product MOD09Q1 and MOD14A2, taking as reference archives of outbreaks of heat released by INPE (National Institute for Space Research), in order to diagnose the month with the greatest incidence of outbreaks of heat, and monitor the sites that get burned itself, evaluating how the total area of the scar of burning and the temporal monitoring of recovery from vegetative surface. The procedure adopted was the Boolean operation that performs a test from the result of the operation of the difference of NDVI before and after the process of burned itself. We can observe that in the month of September the higher incidence of outbreaks of heat from this result was conducted a follow-up time for the period 2007 to 2011 for the month of September in which diagnosed the recovery of the surface as to the vegetative growth by NDVI index generated by MODIS images product MOD09Q1, note a fast recovery of the scar of burning precisely in the stations of the rains, these results demonstrate that the fires in the North of mines are concentrated in the month of September and due to its agile recovery there is to be expected that these areas have anthropic influence as the management of agricultural areas with the use of fire.

**Palavras-chaves:** Outbreaks of heat, scar of burning, vegetative recovery, Focos de calor, cicatriz da queima, recuperação vegetativa.

### **1. Introdução**

O Norte de Minas apresenta uma base econômica voltada à agricultura familiar e a pecuária extensiva. A região é caracterizada pela presença de dois grandes biomas, o cerrado e a caatinga, predominando o primeiro e suas variações. Segundo Coutinho (1990), a queima da vegetação como prática de manejo para a criação de gado é uma das principais atividades associadas ao fogo na região, fazendo uso de extensas áreas de pastagem natural nas formas de Cerrado mais abertas, como campo limpo e campo sujo. Vale ressaltar, que existem também processos de queimadas que ocorre pela necessidade de renovação da mesma, fato muito comum na dinâmica da área.

De acordo com Raison (1979) a queima de pastagens é um dos métodos de manejo cujos efeitos no solo têm sido negligenciados nas pesquisas, uma vez que as mesmas têm sido realizadas em áreas pouco representativas e sem histórico conhecido de queimadas e isso conduzem a conclusões precipitadas ou equivocadas. O mesmo autor relatou que em áreas onde o uso desta prática é sistêmico, a quantidade e a composição dos nutrientes que ciclam do solo dependem diretamente do regime de queimadas, tendo seus efeitos evidenciados através da incorporação de cinzas, redução de cobertura e aquecimento do solo.

As técnicas aplicadas para preparação do solo para a entrada da estação chuvosa envolve muitas vezes o uso do fogo por grande parte dos agricultores no norte de Minas. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) os meses de maior pluviosidade, novembro a março, totalizam 91% do total anual precipitado, os meses mais secos estão entre abril e outubro sendo os mais críticos os meses de junho a agosto.

O conhecimento das causas e da frequência com que eventos de queimadas ocorrem é de extrema importância, principalmente levando-se em consideração que o ponto de partida para a elaboração dos planos de prevenção é saber quem (ou o que) iniciou o fogo (Santos, 2004). Trabalhando nesta mesma linha, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE desde a década de 1980 vem aprimorando um sistema de detecção de queimadas a partir de imagens de sensores a bordo de satélites polares e geoestacionários. São os chamados "focos de calor", que são pontos geográficos captados por sensores espaciais na superfície do solo, quando detectado temperatura acima de 47°C e área mínima de 900 m<sup>2</sup> (Gontijo et al.,2011).

O INPE divulga dados gerados dos satélites de órbita polar AQUA, TERRA, NOAA's-15, 16, 17, 18 e 19, e dos satélites geoestacionários METEOSAT-02, GOES-12. Cada satélite polar produz dois imageamentos por dia, e os geoestacionários geram algumas imagens por hora, sendo que no total o INPE processa mais de 200 imagens por dia, especificamente para detectar focos de queima da vegetação. Com relação aos focos MODIS (AQUA e TERRA), o INPE desenvolveu um algoritmo próprio de detecção de focos de queima conservativo, de modo a minimizar os falsos alarmes associados a ruídos e ao reflexo solar ocasional em corpos d'água e solo exposto em imagens diurnas (INPE, 2010). A acurácia dos algoritmos de detecção e a confiabilidade dos dados gerados devem, portanto, ser avaliadas, para estimar sua incerteza e aperfeiçoar os produtos existentes.

As informações sobre a acurácia dos algoritmos devem ser constantemente atualizadas porque, ao longo do tempo, o desempenho dos sensores e suas condições radiométricas são alterados. Esta análise pode ser realizada a partir do mapeamento de cicatrizes de queimadas em cenas de média resolução e da comparação destas com a localização espacial dos focos de queimadas em imagens de resolução espacial baixa. O trabalho tem como objetivo avaliar a dispersão dos focos de calor, para os meses antecedentes a estação das chuvas. Podendo assim monitorar o mês de maior incidência de focos calor e avaliar o comportamento destas áreas no que se diz respeito à recuperação da superfície vegetativa e obter um parâmetro dos impactos provocados pelas queimadas em todo o Norte de Minas.

## **2. Metodologia de Trabalho**

A Figura 1 apresenta a localização espacial da área de estudo. Para o diagnóstico do mês com maior incidência de queimada, verificou-se a intensidade dos pontos de focos de calor disponibilizado pelo INPE para uma série temporal de 10 anos correspondente ao período de 2001 a 2011, na área estudada. Foram analisados os meses de agosto, setembro e outubro,

considerados o período mais secos do ano, conseqüentemente esses meses apresentam uma maior probabilidade de ocorrência de queimadas devido a causas naturais e/ou atividades agrícolas.

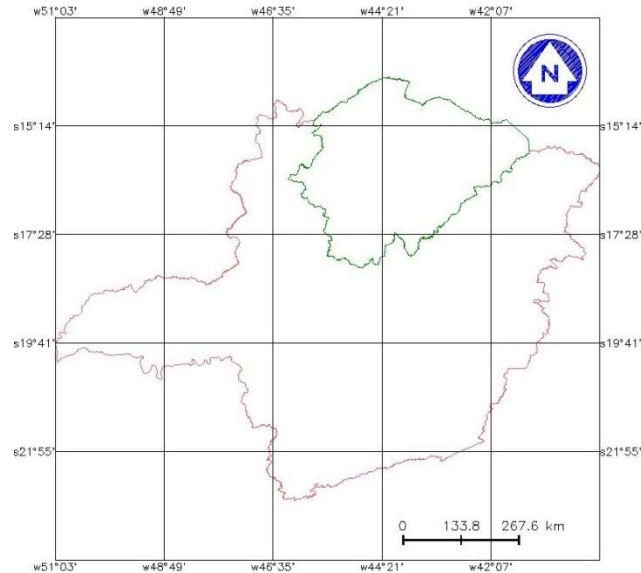


Figura 1. Localização espacial da região norte de Minas Gerais.

A partir dessa caracterização avaliou-se o total da área efetivamente queimada no mês selecionado, a fim de realizar uma análise temporal da recuperação da superfície após o processo de queimada. Esta análise foi realizada acompanhando o desaparecimento total da cicatriz da queima, para os anos de 2007 a 2011, utilizando os seguintes dados e etapas:

i. Imagens MODIS produto MOD14A2 para todo o mês de setembro. Este produto tem uma característica importante que é a inclusão da ocorrência do fogo e o cálculo da energia emitida pela queimada, além da composição de oito dias de sua ocorrência (Latorre et al., 2007). O produto MOD14 é um algoritmo para detecção de anomalias termais (indicativas de queimadas) desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), baseado no algoritmo de detecção de fogos ativos do AVHRR/NOAA e do TRMM VIRS. O algoritmo inclui vários parâmetros relacionados ao fogo, como a ocorrência de anomalias termais, agrupadas em diferentes classes de temperatura, com base na energia emitida pela queimada (Justice, 2006).

ii. Imagens NDVI geradas pelo MODIS produto MOD09Q1, para os meses correspondentes a série temporal estudada, respectivamente representando os meses de outubro a novembro para cada ano trabalhado. O produto MOD09 do MODIS é uma estimativa da refletância de superfície, e é computado a partir do nível 1A nas bandas 1,2,3,4,5,6 e 7 com os comprimentos de onda centrados em 0,648  $\mu\text{m}$ , 0,858  $\mu\text{m}$ , 0,470  $\mu\text{m}$ , 0,555  $\mu\text{m}$ , 1,240  $\mu\text{m}$ , 1,640  $\mu\text{m}$ , e 2,130  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Estas bandas são definidas para o estudo da superfície terrestre (Justice et al., 1998).

O processamento digital das imagens foi realizado no software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 5.2, sendo as imagens do sensor MODIS convertidas do formato Hierarchical Data Format (HDF) para \*.geotiff, utilizando-se para isso o aplicativo MODIS *Reprojection Tool* (MRT). Para caracterizar as áreas de queimadas foi desenvolvido um algoritmo de detecção automática, em ambiente LEGAL/SPRING

(Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) capaz de: Localizar espacialmente o foco de incêndio através do produto MOD14A2 e aplicar uma regra de decisão na área em estudo. O algoritmo funciona de acordo com as seguintes premissas:

iii. Seleção dos pixels dos locais em que foram observados os focos de incêndio na imagem MOD14A1, através do processo de fatiamento, sendo o intervalo de classe correspondente ao grau do nível de incidência da queimada. Para o trabalho foi considerado o valor de nível de cinza superior a sete, pois nesta classe se encontra os focos que são detectados pelo sensor MODIS.

iv. Na detecção da área efetivamente queimada mapeia-se a extensão da vegetação destruída pelo fogo a partir da mudança das características espectrais das imagens obtidas antes e depois da ocorrência do fogo, segundo metodologia proposta por Rudorff et.al (2007). O procedimento adotado foi à operação booleana que realiza um teste a partir do resultado da operação da diferença do NDVI antes e após o processo de queimada propriamente dito. A técnica de detecção de mudanças utilizada foi a de subtração de imagens segundo metodologia proposta Mather (1999). Foi estabelecida a seguinte sentença de decisão: *Se* a imagem diferença possuir um valor negativo *e* possuir pixel correspondente na imagem ponderada do MOD14A1 *então* área queimada confirmada e/ou detectada.

### 3. Resultados e Discussão

A partir da Figura 2, observa-se que da série temporal analisada (2001 a 2011) os meses setembro e outubro, foram aqueles que apresentaram maior incidência de focos de calor, sendo setembro o mais susceptível a ocorrência de queimadas. A variabilidade com que a estação chuvosa é iniciada na região provoca picos nos focos de calor, principalmente no mês de outubro.

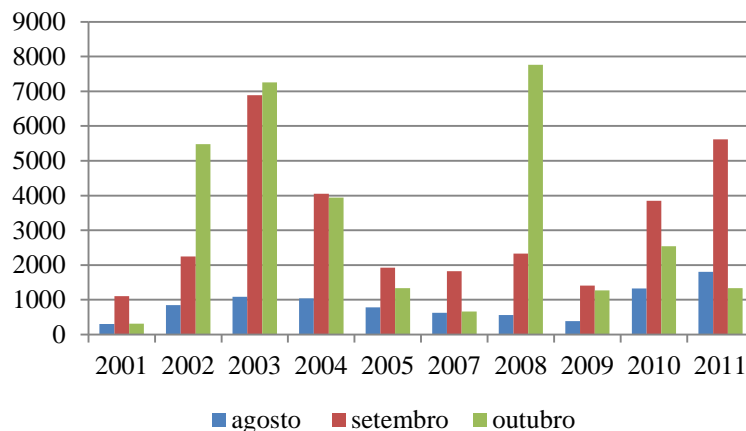


Figura 2. Distribuição das frequências dos focos de calor no norte de Minas ao longo de 10 anos.

Na série temporal das imagens NDVI/MODIS apresentada na Figura 3, é possível observar a resposta temporal da evolução da vegetação, na área queimada. Após a queima, observa-se variações na refletância destas áreas, as quais são mais intensas quanto mais severo for o foco de calor. Flutuações da proporção da vegetação no pixel, decorrentes da alteração na estrutura e quantidade são responsáveis por essas variações (Tanaka et al., 1983; Frederiksen, 1990; Robinson, 1991). Segundo Pereira et al. (1997), é importante conhecer o intervalo de tempo entre a ocorrência do fogo e a data de aquisição dos dados espectrais devido às alterações que irão

ocorrer na refletância destas áreas, ocasionadas pela recuperação da vegetação atingida pelo fogo. Nesta operação somente os pixels que tinha a influência do efeito da queimada foi considerado, como a imagem MOD14A1 apresenta resolução de 1000 metros, o perímetro de localização de um foco abrange uma área ampla em relação ao que verdadeiramente acontece na superfície. Segundo Kaufman e Justice (1998), pequenas áreas sendo queimadas, dependendo de sua temperatura, tem a capacidade de saturar o pixel, fazendo com que o mesmo seja classificado como um foco de calor pelo algoritmo do Produto MOD14/MODIS, mesmo que seja apenas uma pequena fração da área do pixel que esteja sendo queimada. Outra razão para os erros de comissão (ou seja, aqueles cuja atribuição no mapa de determinada feição recai sobre uma classe a qual a mesma não pertence) é a mudança da cobertura da terra no período entre a ocorrência da queimada e a detecção pelo sensor de média resolução, visto que as áreas agrícolas são aradas após a ocorrência do fogo. A dispersão de cinzas pelo vento e a rebrota da vegetação neste período também pode resultar em problemas na identificação de cicatrizes (Pereira Jr. e Setzer, 1996).

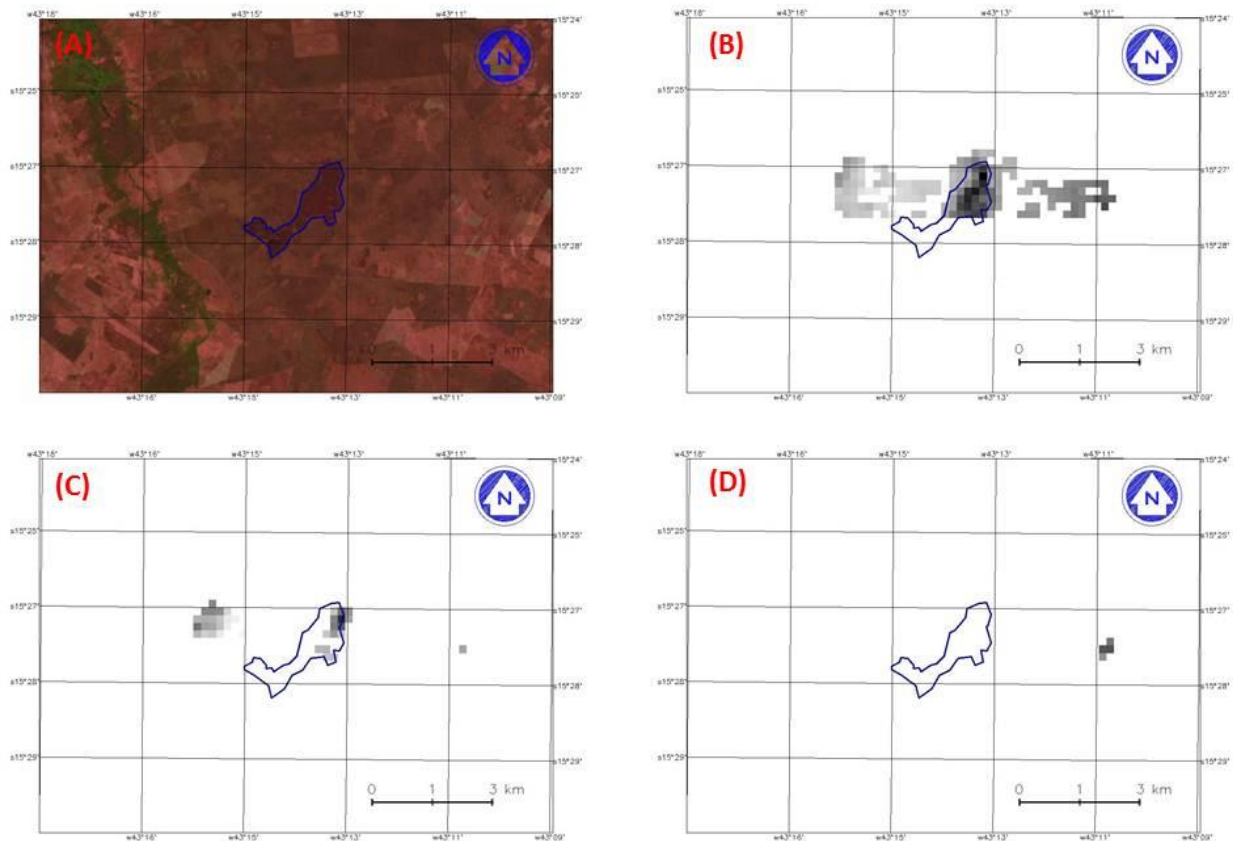


Figura 3. Identificação operacional das cicatrizes de queimadas em função da resposta do NDVI/MOD09Q1 para os meses agosto/2007 (B), janeiro/2008 (C) e março/2008 demonstrando o resultado final do processamento realizado pelo algoritmo.

Para cada ano analisado, houve no mês de novembro, a recuperação mais significativa na cicatriz da queima (Figura 4). É neste período que se inicia a estação das chuvas, onde há uma tendência de um rápido desenvolvimento vegetativo em virtude da disponibilidade de hídrica presente. Nota-se ainda, que quando o algoritmo detecta uma pequena região de queima, há uma

tendência deste local à permanecer constante, este fato pode ser função da vegetação local ainda não atingir a sua recuperação propriamente dita. Como os dados relacionados a esta análise estão associados a imagens com baixa resolução espacial (250m) tende também a ocorrer uma maior mistura espectral que também influencia no resultado final da localização e monitoramento da superfície queimada.

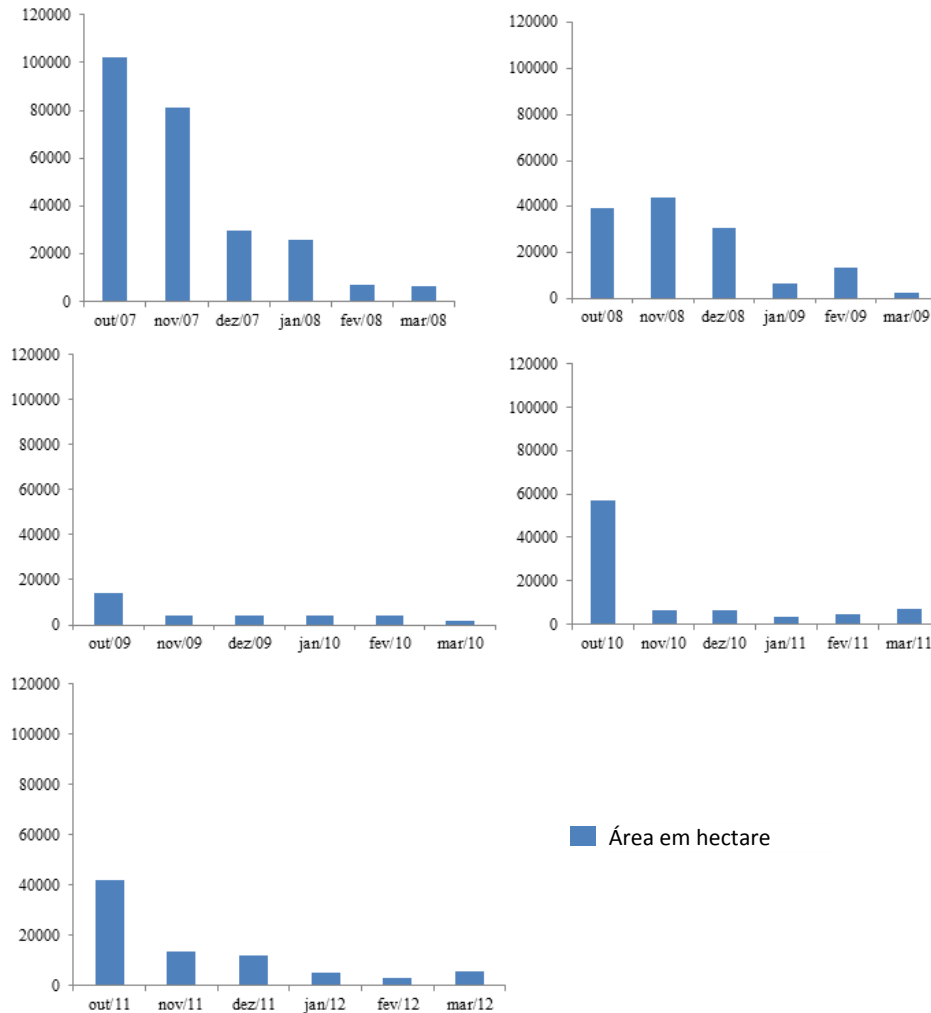


Figura 4. Total da área da cicatriz da queima detectada pelo algoritmo para os meses de outubro a março no período de 2007 a 2011 demonstrando a recuperação da superfície após a queima.

#### 4. Conclusão

Os resultados demonstram as vantagens no uso de dados orbitais para o levantamento e acompanhamento das queimadas em todo Norte de Minas. Nas análises realizadas foi possível identificar e localizar a ocorrência das queimadas através dos pontos de focos de calor do INPE mapear área pela cicatriz da queima nas imagens MOD09Q1 e acompanhar a recuperação da vegetação natural.

## Agradecimento

A FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais

## Referência Bibliográfica

CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. **Produção e qualidade de uma pastagem natural submetida a tratamentos de introdução de trevo vesiculoso cv. Yuchi (Trifolium vesiculosum Savi), ceifa e queima**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Estado Rio Grande do Sul, v.11, p.65-112, 1984.

COUTINHO, A.C. Padrões da distribuição espacial de queimadas no Estado de Mato Grosso. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 14.,2009, Natal. **Anais .. São José dos Campos: INPE, 2009. 1 CD-ROM.**

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: Goldammer, J.G.( ed.). **Fire in the tropical biota**. New York: Springer-Verlag, 1990a. Cap. 6, p. 82-105.( Ecological Studies, 84).

COUTINHO, L. M. O Cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, v. 12, n. 68, p. 22-30,1990b.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. 101p. Santos, J. F. Estatística de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2004.

GONTIJO, A.B; PEREIRA, AA; OLIVEIRA, D.S.O; JUNIOR, F.W.A; Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.7966.

JUSTICE, C. O; GIGLIO, L.; BOSCHETTI, L.; ROY, D. P.; CSISZAR I.; MORISETTE, J.; KAUFMAN, Y. **MODIS fire products - algorithm technical background document**, version 2.3, October, 2006. Disponível em: [http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod14.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod14.pdf) . Acesso em: 30/12/2007.

KAUFMAN, Y. J.; JUSTICE, C. O. **MODIS fire products - algorithm technical background document**, 77 p., 1998. Disponível em: <http://modisfire.umd.edu/MOD14.asp>. Acesso em: 30/12/2007.

KAUFMAN, Y. J.; JUSTICE, C. O. **MODIS fire products - algorithm technical background document**, 77 p., 1998. Disponível em: <http://modisfire.umd.edu/MOD14.asp>. Acesso em: 30/12/2007.

PEREIRA JR., A.C.; SETZER, A.W. Comparison of fire detection in savannas using AVHRR's channel 3 and TM images. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, n.10, p. 1925-1937, 1996.

PEREIRA, J. M. C.; CHUVIECO, E.; BEAUDOIN, A.; DESBOIS N. **Remote sensing of burned areas: a review**. In: CHUVIECO, E. (ed.). A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá, 1997. p. 127-183.