

## Validação do produto MODIS MCD45A1 área queimada utilizando imagens LANDSAT TM para o bioma Cerrado

Fernando Moreira de Araújo<sup>1</sup>  
Laerte Guimarães Ferreira Junior<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás - UFG/IESA-LAPIG  
Caixa Postal 131 – 74001-970 – Campus Samambaia – Goiânia-GO, Brasil  
fernandomsbl@gmail.com  
laerte@iesa.ufg.br

**Abstract.** The Cerrado biome in relation to the others Brazilian biomes (Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa and Pantanal) is the most affected by burns. The fires have several consequences for the biome, as the increasing of temperature, decreasing rainfall, genetic impoverishment of natural species, increases the risk of respiratory diseases and others. For mapping burns areas on the Cerrado biome referring to the year 2007 was used the MODIS MCD45A1 product, which makes the mapping of the burns scars on global scale. The validation of the mapping of MCD45A1 product for the year 2007 was realized using 35 images or 16 orbit/point LANDSAT TM between the months August and October. Between the results, we found that 100% of the polygon of the burn areas (MCD45A1) analyzed was labeled positive

**Palavras-chave:** Burn Area, MODIS MCD45A1, Cerrado Biome, Área Queimada, MODIS MCD45A1, Bioma Cerrado.

### 1. Introdução

A utilização do fogo no manejo das práticas antrópicas está bastante consolidada, principalmente quando se trata de atividades agrícolas e de pecuária para abertura e/ou consolidação de novas áreas desmatadas. No entanto, a prática de uso do fogo para auxílio em determinadas atividades do ser humano é antiga, uma vez que a utilização das queimadas na região central do território brasileiro é de aproximadamente 32.000 anos através do homem primitivo, conforme Guidon e Delibrias, 1986, citado por Riveira-Lombardi (2003).

Trabalhos como o de Coutinho (1981) e Berger & Libby (1966), conforme Coutinho (1994), evidenciam que a prática das queimadas na região do Cerrado brasileiro é bastante antiga. Datações, através do método do C<sub>14</sub>, indicam amostras de carvões vegetais com idade de 8.600 anos na região do Parque das Emas.

Na região do Brasil central, a ocorrência de fogo/queimadas vem ocorrendo de forma mais intensificada desde o desenvolvimento da agropecuária nas três últimas décadas do século XX, sendo principalmente vinculadas às práticas antrópicas (RIVEIRA-LOMBARDI, 2003), e de manejo do pasto para criação de bovinos (COUTINHO, 1990 apud RIVEIRA-LOMBARDI, 2003). Em relação ao manejo e renovação de pastagens na região do Cerrado durante período seco, a queimada é utilizada para estimular a rebrota da forragem, pois é mais fresca e palatável para o gado (COUTINHO, 1980; PIVELLO & COUTINHO, 1996).

Coutinho (1990) conforme Riveira-Lombardi (2003), coloca que a expansão agrícola é uma importante atividade causadora de queimadas, já que é uma atividade controlada e incorporada ao sistema de produção. A utilização das queimadas no sistema agrícola ocorre, sobretudo, vinculada à retirada de resíduos de colheitas, como é o caso da palha da cana-de-açúcar (MIRANDA et al., 1993). Dentre outros eminentes problemas que as queimadas através de manejos incorretos podem trazer ao meio ambiente, referente ao meio físico e biótico, são as erosões, compactação do solo e invasão de espécies vegetais invasoras (ZANINI & DINIZ, 2006).

Boa parte da vegetação do Cerrado está adaptada e dependente das queimadas (FRANÇA, 2001b), já que muitas plantas necessitam do fogo para brotar, florescer e propagar, ou seja, desenvolver as sementes, contribuindo de forma decisiva para a

manutenção desse ciclo (FRANÇA, 2001a). A dinâmica de nutrientes para as plantas do Cerrado é altamente influenciada pelo fogo, já que as queimadas com intervalos sucessivos de três anos são adequadas para promover a reciclagem dos nutrientes sem empobrecimento dos macronutrientes (WALTER, 2006;).

Com o avanço tecnológico dos sensores orbitais, aliado com as geotecnologias, tornou-se possível verificar como as ações humanas moldam o meio ambiente ao seu redor e, concomitantemente, embasar melhor a tomada de decisões públicas, as quais dependem do levantamento e análise de dados (cobertura vegetal, ocupação antrópica, etc.) para auxílio na formulação de mitigações. Em relação às queimadas, o monitoramento sistemático se torna imprescindível para ações de prevenção e combate à incêndios, assim como, traçar metas no planejamento para controle e gerenciamento eficiente nos anos seguintes (PIROMAL et al., 2008).

Com o intuito de mapear somente as áreas de queimadas, o MODIS MCD45A1 (dados da coleção 5 - dados com maior acuidade radiométrica), apresenta dois subprodutos, *Burndate* e o *Burn quality assessment*. O produto *Burndate* está relacionado à detecção e delimitação das áreas queimadas, enquanto o *Burn quality assessment* classifica a qualidade das áreas geradas pelo *burndate*, variando entre 1 a 4, onde 1 valida a área do pixel como queimada, enquanto pixels com valores 2, 3 e 4, o dado não é totalmente seguro para ser certificado como queimada (BOSCHETTI et al., 2009; ROY et al, 2008).

O trabalho de Boschetti et al. (2008) indica que os dados gerados pelo MCD45A1 apresentaram boa acuidade em relação aos dados gerados pelo EFFIS (*The European Forest Fires Information Service*), pois ambos mapearam uma área comum de 2.429 Km<sup>2</sup>, representando 82,7% e 88,7% da área total discriminada como queimada pelo MCD45A1 (2.927 Km<sup>2</sup>) e EFFIS (2.722 Km<sup>2</sup>), respectivamente. Em outra análise para validação do MCD45A1, Roy & Boschetti (2009) compararam três produtos de sensoriamento remoto, para detecção de área queimada na região sul do continente africano (i.e. dados MODIS burned area, L3JRC e GlobCarbon). Os resultados indicaram que o MCD45A1 apresentou maior acurácia no mapeamento de cicatrizes de queimadas e de fragmentos menores, devendo-se isso a fatores como precisa calibração, geolocalização, correção atmosférica, mascaramento de nuvens e a resolução espacial de 500 m, já que os outros dois produtos, L3JRC e GlobCarbon, apresentam resolução espacial de 1 km. Os autores informam ainda que ambos os produtos apresentaram erro de comissão menor que o erro de omissão.

Nesse contexto, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar a área queimada mapeada pelo algoritmo do MCD45A1 no bioma Cerrado referente ao ano de 2007 utilizando imagens LANDSAT TM.

## 2. Material e Métodos

A metodologia do trabalho consistiu, a princípio, em 2 procedimentos, sendo o primeiro, a aquisição dos dados do produto MCD45A1 para os anos de 2002 a 2009 e tratamento dos dados; o segundo, validação dos dados MCD45A1, utilizando imagens LANDSAT TM para o ano de 2007 (i.e. o ano que teve maior detecção de áreas queimadas entre 2002 a 2009).

### 2.1. 1º Procedimento

A aquisição do produto MODIS MCD45A1 ocorreu pelo sistema *Wist* (via página web) de obtenção de imagens de satélite (MODIS, ASTER, NOAA, etc) da NASA. O produto MODIS MCD45A1 é mensal e disponibilizado por cenas (*tiles* – localização horizontal e vertical). Para abranger o território do bioma Cerrado são necessárias 5 MODIS MCD45A1 cenas para o bioma Cerrado (figura 1). Na Figura 1 temos a disposição das cenas MODIS

sobre a região do bioma Cerrado, sendo as seguintes cenas: H12V10 e H12V11, H13V09, H13V10 e H13V11 (em roxo).

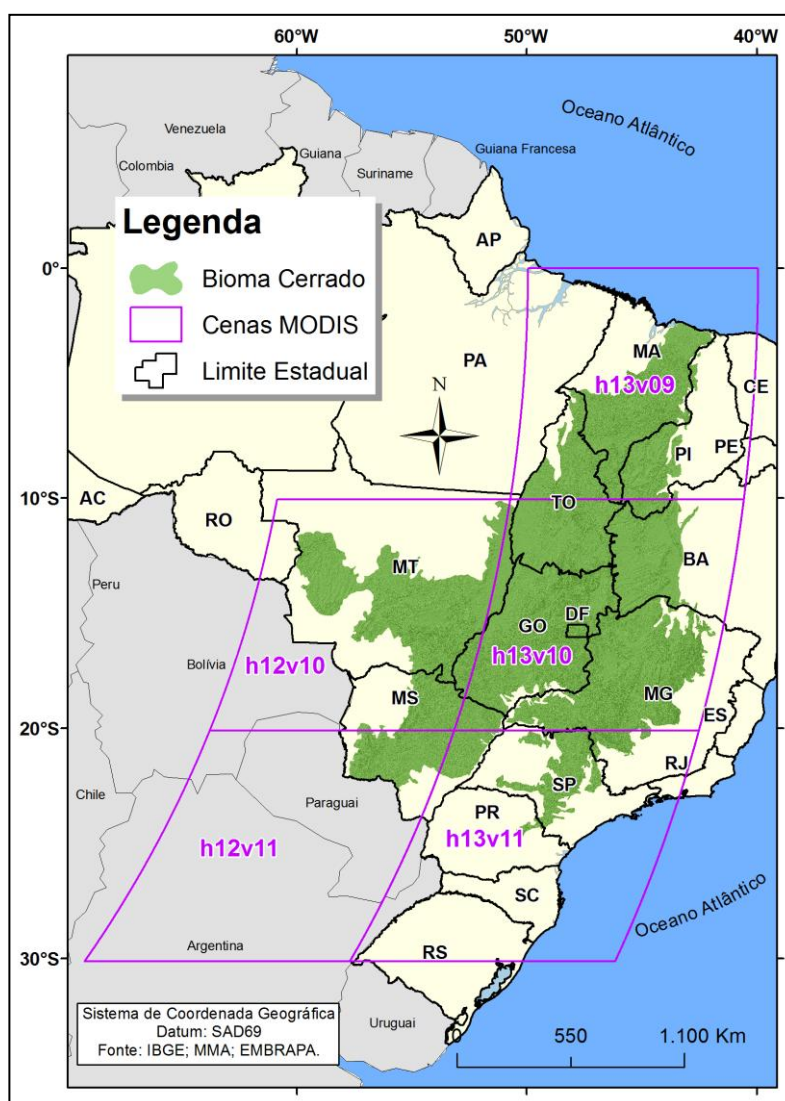


Figura 1 – localização das cenas MODIS para o bioma Cerrado

O produto MCD45A1 fornece oito (8) sub-produtos, sendo que para essa análise foram utilizados apenas dois, *ba\_qa* (índice de confiabilidade do pixel rotulado como queimada) e *burndate* (área queimada). Para obter esses dois produtos, foi utilizada a ferramenta *Modis Reprojection Tools* (MRT) que permite ao mesmo tempo extrair os sub-produtos e fazer o mosaico das várias cenas que abrangem a área de estudo.

O passo seguinte foi filtrar os dados, ou seja, selecionar os pixels rotulados como área queimada no *burndate* (valores 1 a 366 ou dia do ano) e desses obter somente os pixels com alto índice de confiabilidade, valor 1, conforme pela banda *ba\_qa*. Tal procedimento foi realizado no ENVI 4.5, o qual através da ferramenta *band math* foi realizado cruzamento das duas bandas através da expressão  $(b1)*(b2)$ , onde *b1* corresponde aos valores de *burndate* (1 – 366) e *b2* ao índice de confiabilidade 1 da banda *ba\_qa*.

Através do procedimento descrito acima, foi obtido à área queimada com maior confiabilidade mês a mês para o ano de 2007 discriminado no recorte temporal dessa análise para o bioma Cerrado.

## 2.2. 2º Procedimento

Nessa etapa foram escolhidas as imagens LANDSAT TM para validação dos polígonos de área queimada discriminados pelo MCD45A1 (Tabela 1). A utilização das imagens LANDSAT TM para validação se deu pela fácil aquisição e disponibilidade (na página web do INPE) para a região do Cerrado e pela ampla utilização das mesmas em outras análises de espacialização e validação de focos de calor e queimadas. O ano base escolhido para verificação da acurácia do produto MODIS de área queimada foi 2007, uma vez que dos 387.292 Km<sup>2</sup> de área queimada registrada pelo MCD45A1 entre 2002 a 2008 na região do bioma Cerrado, 128.491 Km<sup>2</sup> (33%) foram detectados neste ano, o qual teve maior registro de queimadas em relação aos demais anos analisados.

Tabela 1 – Imagens LANDSAT TM utilizadas para validação das áreas queimadas registradas pelo MCD45A1 no bioma Cerrado.

<b>Imagens LANDSAT 5 TM - Validação MCD45A1</b>			
Órbita/Ponto	Qtd. Imagens	Datas (2007)	Composição RGB
219/70	3	01/09, 17/09 e 03/10	453
219/72	3	01/09, 17/09 e 03/10	
220/68	2	08 e 24/09	
220/74	2	08/09 e 24/10	
221/64	2	14/08 e 15/09	
221/65	2	30/08 e 15/09	
221/70	2	30/08 e 15/09	
221/72	3	30/08, 15/09 e 01/10	
222/66	2	21/08 e 06/09	
223/68	2	28/08 e 29/09	
223/69	2	13/08 e 29/09	
224/67	2	19 e 04/09	
224/70	2	04 e 20/09	
226/70	2	02 e 18/09	
226/74	2	02/09 e 04/10	
228/70	2	31/08 e 16/09	

A Tabela 4 mostra quais foram às imagens LANDSAT TM utilizadas durante o processo de validação das áreas queimadas registradas pelo produto MODIS MCD45A1, cujo período de análise compreendeu imagens de agosto, setembro e outubro de 2007. Ao todo, foram verificadas 16 órbitas/pontos e utilizadas 35 imagens LANDSAT, as quais foram georreferenciadas com base em imagens GeoCover<sup>1</sup> (imagens LANDSAT ortorretificadas para o ano 2000) e nas cenas LANDSATs (georreferenciadas) empregadas no mapeamento do PROBIO Cerrado (MMA, 2007) (Figura 2).

<sup>1</sup> Página web: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>

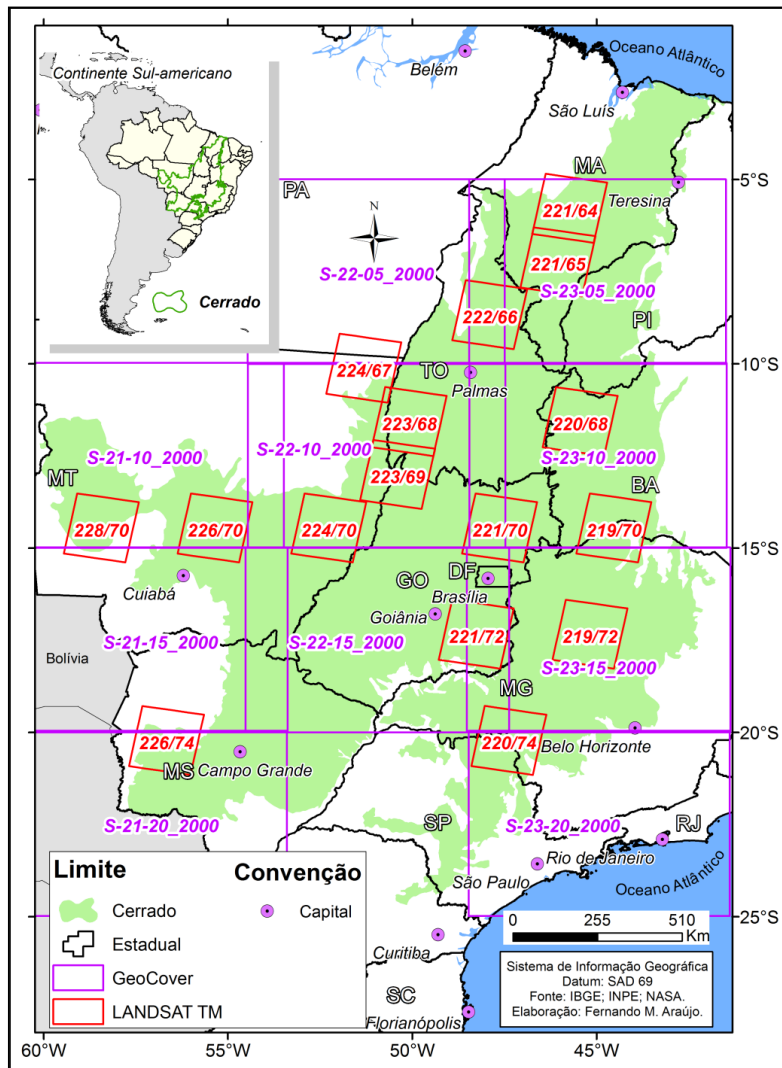


Figura 2 – Localização das imagens LANDSAT TM utilizadas para validação do dado de área queimada MODIS MCD45A1.

Após o georreferenciamento das 35 imagens (16 órbitas/pontos), o passo seguinte foi inspecionar 11.218 polígonos de área queimada, os quais estão distribuídos entre as 16 órbitas/pontos escolhidas, correspondendo a uma área de 43.983 Km<sup>2</sup> ou 34,2% da área queimada no Cerrado em 2007. Juntamente com a validação de cada polígono em queimada ou não queimada, todos os verdadeiros foram classificados de acordo com a área de ocorrência, podendo então ser rotulado como agricultura, pastagem ou vegetação natural (remanescente).

### 3. Resultados e Discussão

A primeira etapa da validação dos dados de área queimada discriminados pelo produto MCD45A1, a partir de imagens LANDSAT TM, se mostrou bastante satisfatória, uma vez que a resolução espacial do produto de área queimada MODIS é de 500 m, onde, dos 11.126 polígonos inspecionados visualmente, distribuídos entre 16 órbitas/pontos LANDSAT e um total de 35 imagens, 100% dos polígonos foram rotulados positivamente como queimadas reais, corroborando assim a alta precisão do algoritmo de detecção e seleção de áreas queimadas do produto MCD45A1.

A classe de cobertura e uso da terra que mais sofreu com os efeitos das queimadas no bioma Cerrado foi a de vegetação natural, em todas as regiões; i.e. cerca de 82% dos polígonos de áreas queimadas inspecionados (9.070) se localizaram em áreas remanescentes, enquanto 12% (1.361) e 6% (695) dos polígonos restantes foram marcados em áreas de agricultura e pastagem, respectivamente. A extensão total da área queimada inspecionada foi de 43.975 Km<sup>2</sup>, onde 40.864 Km<sup>2</sup> (ou 93%) ocorreram em áreas de cobertura vegetal natural, enquanto 3.111 Km<sup>2</sup> (ou 7%) em regiões de cobertura vegetal antrópica, sendo que 1.463 Km<sup>2</sup> (3%) e 1.648 Km<sup>2</sup> (4%) das queimadas foram registradas em áreas de agricultura e pastagem, respectivamente.

As imagens LANDSAT TM que apresentaram porcentagens mais significativas de queimada sobre áreas de agricultura e pastagem, foram justamente as que se encontram nas principais regiões de produção agropecuária do Brasil, tais como, 219/72 (MG), 220/68 (BA), 220/74 (MG e SP), 221/65 (MA), 221/72 (GO) e 226/70 (MT). Em relação à imagem 220/74 (localizada entre nos estados de São Paulo e Minas Gerais), a qual apresentou a menor proporção de área queimada em regiões remanescentes, este fato se deve ao predomínio do cultivo da cana-de-açúcar e da produção sucroalcooleira nessa região (segundo os dados do CANASAT-INPE<sup>2</sup>), atividade que ainda utiliza a queimada durante o processo de colheita.

Na figura 3, temos o exemplo da exatidão do algoritmo de detecção de áreas queimadas do produto MODIS MCD45A1. Essa figura, referente à cena LANDSAT TM 221/64, nos mostra grandes extensões de áreas queimadas em regiões de vegetação natural, as quais ocorreram no extremo norte do bioma Cerrado, no estado do Maranhão.

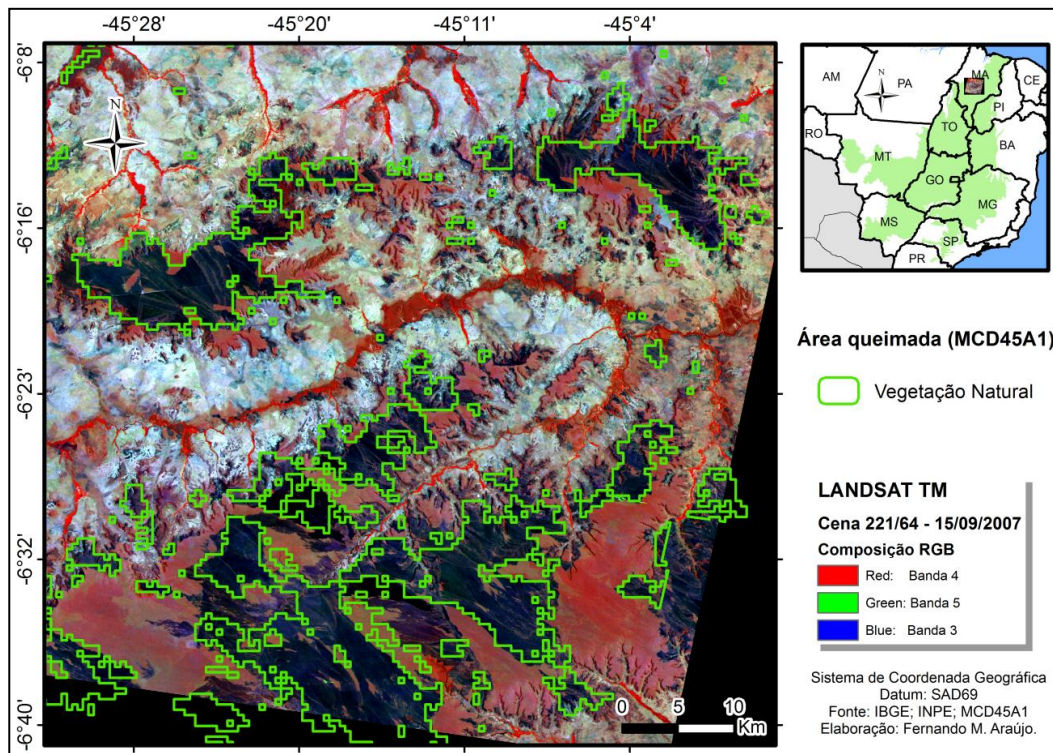


Figura 3 – Espacialização da área queimada (MCD45A1) em relação à cena LANDSAT TM 221/64.

Comparativamente à figura 3, na figura 4 pode-se notar um melhor delineamento das queimadas pelo algoritmo MCD45A1 em regiões de vegetação natural, o que se deve tanto à extensão contínua da área queimada, quanto à grande quantidade de material vegetal

<sup>2</sup>Página web: <http://150.163.3.3/canasat/>

combustível, principalmente em época de seca (maio a setembro) quando a vegetação natural possui menor índice de umidade foliar. Por outro lado, em regiões com cobertura antrópica, com agricultura e/ou pastagem, as queimadas ocorrem em extensões de áreas limitadas, em geral controladas, o que resulta em maior fragmentação dos polígonos detectados.

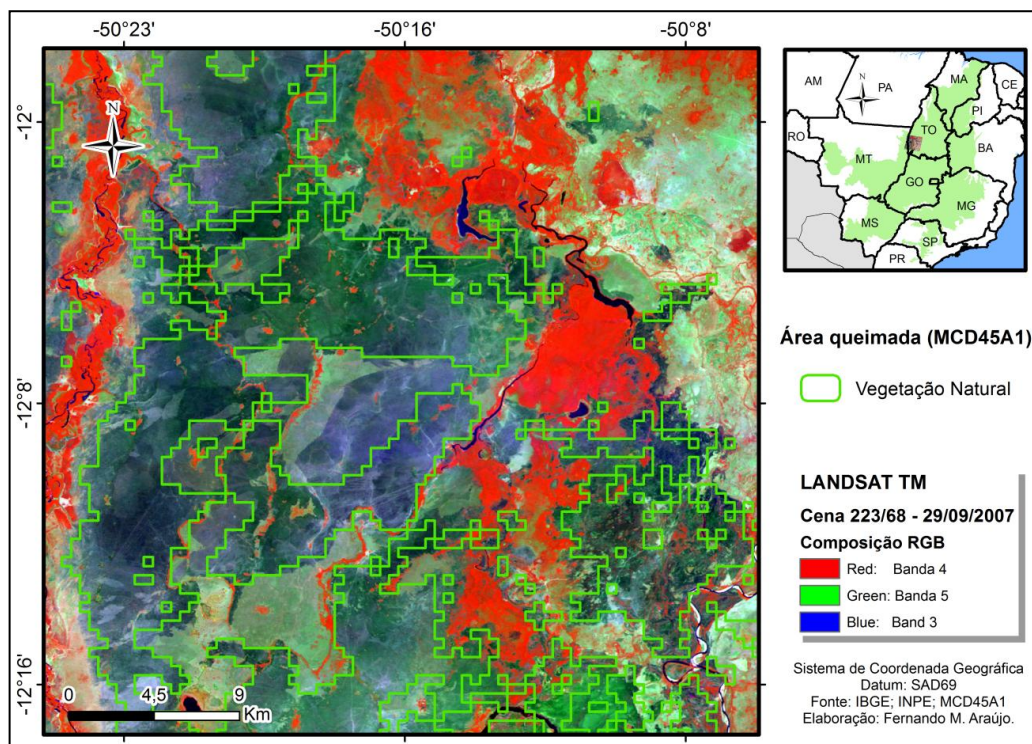


Figura 4 – Espacialização da área queimada (MCD45A1) em relação à cena LANDSAT TM 223/68.

Especificamente em relação à figura 16, esta mostra uma extensa queimada que ocorreu em área de vegetação natural entre agosto e setembro de 2007, localizada entre os estados de Goiás, Mato Grosso e Tocantins e entre as cenas LANDSAT TM 223/67, 68 e 69. Conforme o mapeamento realizado pelo PROBIO Cerrado (MMA, 2007), essa extensa queimada ocorreu sobre a classe fitofisionômica Savana Parque com Floresta de Galeria, caracterizada por apresentar regiões de acumulações inundáveis (lençol freático raso), localizada na área de recarga do Rio Araguaia.

#### 4. Considerações Finais

O resultado obtido no processo de validação da área queimada mapeada pelo produto MODIS MCD45A1 foi bastante satisfatório no bioma Cerrado, já que discrimina grandes e pequenas áreas atingidas pelo fogo. Utilizando somente o dado de área queimada do MCD45A1 com o maior índice de confiabilidade (ba\_qa valor 1), temos que área queimada total para o ano de 2007 no bioma Cerrado foi subestimada, sendo assim, temos a maior probabilidade do pixel MCD45A1 de ser realmente uma queimada. Devido a sua alta acuidade, o MCD45A1, mostra-se como um produto importante para o monitoramento de áreas queimadas no bioma Cerrado.

#### Agradecimentos

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Goiás e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), cujas bolsas concedidas aos autores

(mestrado e produtividade em pesquisa, respectivamente) foram imprescindíveis à realização desta pesquisa.

### **Referências Bibliográficas**

BOSCHETTI, L.; ROY, D.; BARBOSA, P.; BOCA, R.; JUSTICE, C. A MODIS assessment of the summer 2007 extent burned in Greece. *International Journal of Remote Sensing*. Vol.29. pg. 2433-2436. 2008.

BOSCHETTI, L.; ROY, D.; HOFFMANN, A. A. **MODIS Collection 5 Burned Area Product - MCD45 User's Guide**. Version 2.0. 2009.

COUTINHO, L.M. As queimadas e seu papel ecológico. **Brasil Florestal**, 10(44):7-23, 1980.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no Cerrado: nota sobre a ocorrência e datação de carvões vegetais encontrados no interior do solo, em Emas, Pirassununga, S.P. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, p. 15-117, 1981.

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**, 1990. Cap. 6, p. 82-105. (Ecological Studies, 84).

COUTINHO, L. M. O Uso do Fogo em Pastagens Naturais Brasileiras. In: PUIGNAU, J. P. (Ed.). **Utilización y Manejo de Pastizales**. Montivideo: IICA-PROCISUR, 1994. p.159-168. (DIALOGO XL).

FRANÇA, H. ; SETZER, A. . AVHRR analysis of a savanna site trough a fire season in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 22, n. 13, p. 2449-2461, 2001a.

FRANÇA, H. **Metodologia de identificação e quantificação de áreas queimadas no cerrado com imagens AVHRR/NOAA**. Tese (Doutorado), Instituto de Biociências, USP, 2001b.

MIRANDA, E.E. de; MANTOVANI, L.E.; PIEROZZI Jr., I; TAKEDA, A.M.; MATTOS, C. de O.; MANGABEIRA, J.A. de C.; FILARDI, A.L. **O impacto ambiental das queimadas da palha de cana-de-açúcar**: Parecer técnico científico. Campinas: MARA, Embrapa Monitoramento por Satélite, 1993.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mapeamento da cobertura vegetal do bioma cerrado, relatório final**. Edital Probio 02/2004. Projeto Executivo B.02.02.109. Brasília, junho 2007.

PIROMAL, R. A. S.; RIVEIRA-LOMBARDI, R. J.; SHIMABURURO, Y.E.; FORMAGGIO, A. R.; KRUG, T. Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. *Revista Acta Amazonica*. Vol. 38 (1), 2008. pg. 77 – 84.

PIVELLO, V. R. & COUTINHO, L. M. A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. **Forest Ecology and Management** **87**(1-3): 127-138. 1996.

RIVERA-LOMBARDI, R. J. Estudo da recorrência de queimadas e permanência de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat. São José dos Campos: INPE, 2003. 172p. – (INPE-12663-TDI/1006)

ROY, D.P.; BOSCHETTI, L.; JUSTICE, C. O.; JU, J. The Collection 5 MODIS Burned Area Product - Global Evaluation by Comparison with the MODIS Active Fire Product. **Remote Sensing of Environment**, 112, 3690-3707, 2008.

ROY, D.P.; BOSCHETTI, L. 2009, Southern Africa Validation of the MODIS, L3JRC and GlobCarbon Burned Area Products. **IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing**. vol. 47(4), pp. 1032 – 1044. 2009

ZANINI, A. M.; DINIZ, D. Efeito da Queima sob o Teor de Umidade, Características Físicas e Químicas, Matéria Orgânica e Temperatura no Solo sob Pastagem. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, nº 3. Espanha, 2006.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. 2006. 389p.