

## **Análise das áreas queimadas na região sul do Maranhão no ano de 2013**

Raquel de Cássia Ramos <sup>1</sup>  
Paula Resende Santos <sup>1</sup>  
Patrícia Ladeira Pinheiro <sup>1</sup>  
Francielle da Silva Cardozo <sup>2</sup>  
Gabriel Pereira <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de São João del-Rei – DEGEO/UFSJ  
Campus Tancredo Neves, Av. Visconde do Rio Preto, s/n - 36301-360 – São João del-Rei – MG, Brasil  
rachelcassia@yahoo.com.br, {paularesendesantos, patricia.ladeira}@gmail.com,  
pereira@ufs.edu.br

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
cardozo@dsr.inpe.br

**Abstract.** The biomass burning is a management tool still widely used in the field, mainly in Brazil, for natural vegetation removal and for the introduction of crops and pastures. This practice constitutes a major obstacle to the conservation of one of the most important biomes, the Cerrado. The study of biomass burning detection in south of Maranhão demonstrates the high degree of anthropization. Therefore, the main objective of this study is the analysis of burned areas in south region of Maranhão state in 2013 year by the use of Operational Land Imager (OLI) sensor of Landsat 8 satellite. The detection of burned areas was performed using the Linear Spectral Mixture Model (MLME), segmentation of shadow fraction images, the association of the polygons in a thematic class and manual edition to avoid errors of classification. Was performed the difference between the two images mapped (before and after burning) and the final mapping was executed using K-medium unsupervised classification. The results demonstrate the total burned polygons mapped (5480), approximately almost 80% occur in areas of 1 to 20 acres. This characteristic indicates that the greatest amount of burned areas are related to small scars of burnings, although soybean expansion occurs in large estates. It is suggested that these mapped polygons belongs to the same farm and agricultural areas and were burned gradually and not arouse the attention of regulatory agencies of control.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, queimadas, mapeamento, remote sensing, fires, mapping.

### **1.Introdução**

As queimadas representam uma técnica ainda muito empregada no campo, principalmente no Brasil, para a retirada da vegetação natural e a implantação de cultivos e pastagens. Em uma primeira avaliação, a queimada aparentemente beneficia as plantações, pois as cinzas significam um acréscimo de nutrientes para o solo. No entanto, os prejuízos são maiores, pois o fogo elimina nutrientes, microrganismos, insetos e resíduos vegetais, gerando vários impactos negativos ao meio ambiente, como os desequilíbrios em ecossistemas, a extinção de espécies nativas, a diminuição da qualidade do ar, o lançamento de gases de efeito estufa, dentre outros.

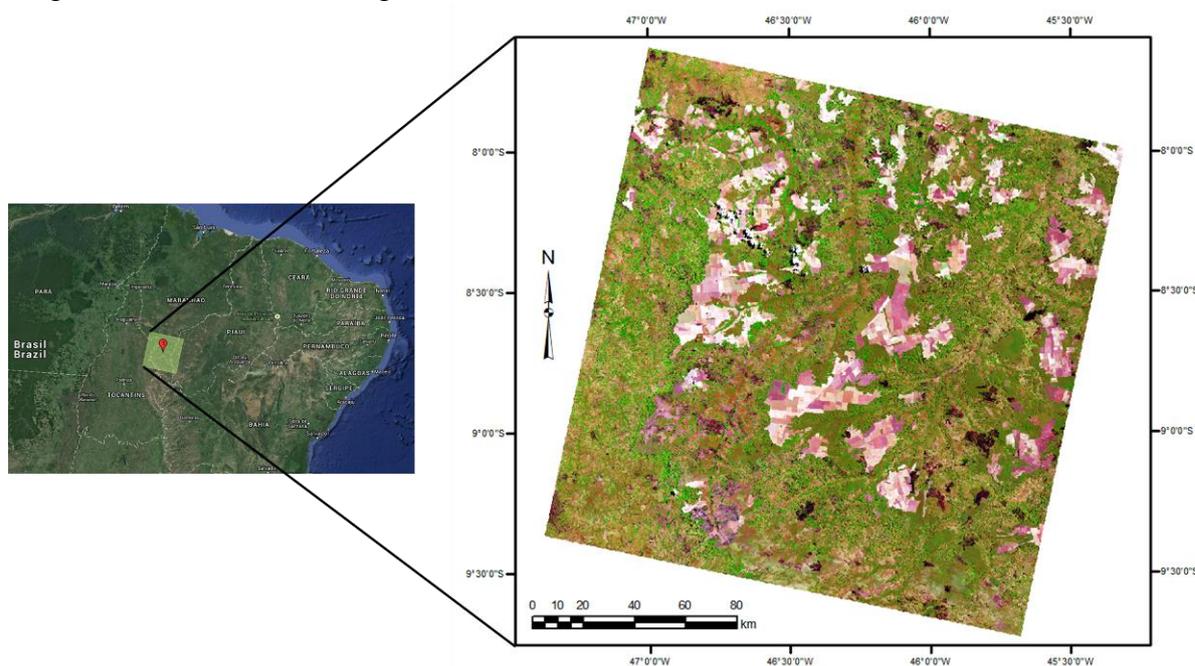
Estas podem ser consideradas como um fenômeno global, que acarretam em impactos locais sobre o uso da terra e biodiversidade, impactos regionais e globais devido a liberação de gases traço e aerossóis, causando modificações na química da atmosfera e consequentemente modificando o balanço de energia (WERF et al., 2006; FEARNSTIDE et al., 2009). Neste contexto, o Brasil destaca-se como um dos países que mais contribui para as emissões de aerossóis e gases traços associados ao uso da terra,

além de representar um grande potencial de emissões futuras a partir de suas vastas áreas remanescentes de florestas (FEARNSIDE et al., 2009).

De uma forma geral, mais de 25% do total das áreas naturais modificadas em função de atividades antropogênicas ocorreram entre os anos de 2002 e 2008 nas mesorregiões Sudoeste Piauiense, Sul Maranhense e Oriental do Tocantins (SILVA et al., 2013), a partir da abertura de novas áreas para culturas agrícolas e pastagens, sendo que um dos vetores de transformação da paisagem do bioma foi originado pela agricultura. Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho consiste na análise das áreas queimadas na região sul do estado do Maranhão no ano de 2013 a partir de imagens do Landsat 8.

## 2. Área de Estudo

A área de estudo abrange parte dos estados de Maranhão, Tocantins e Piauí, localizados nas coordenadas geográficas 09°42' 7°37' de latitude sul e 47°25' 45°19' de longitude oeste, conforme Figura 1.



**Figura 1.** Localização da área de estudo.

A vegetação da área de estudo é composta pela savana (cerrado), representada por três subgrupos de formação: floresta (cerradão), parque (campo sujo de cerrado e cerrado de pantanal) e gramíneo-lenhosa (campo-limpo de cerrado) (IBGE, 2004).

O cerrado ocupa aproximadamente 1,8 milhões de quilômetros quadrados, cerca de 25% do território nacional, e abriga uma grande diversidade biológica (Coutinho, 1990 *apud* Mantovani et al., 1998). A extensão original do cerrado, incluindo aquelas definidas como "área de contato" entre Cerrado e outros tipos de vegetação, abrange o Planalto Central e cobre grande parte dos estados de Tocantins, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Maranhão e Piauí, e partes menores dos estados de São Paulo, Bahia, Pará, Paraná, Sergipe, Amazonas, Roraima, Amapá e Rondônia.

O cerrado brasileiro inclui as várias formações campestres, que em conjunto com a vegetação gramíneo-lenhosa baixa, alternam-se pequenas árvores isoladas, capões florestados e galerias florestais ao longo dos rios, mostrando uma grande variabilidade estrutural e, em consequência, grandes diferenças em porte e densidade, no que também inclui a intensidade da ação antrópica (IBGE, 2004).

Os valores médios de precipitação total anual variam entre 1400 e 1700 mm, e a temperatura média anual oscila entre 18° e 25 C°. A região tem como uma de suas características principais a presença de dois períodos climáticos bem definidos: a estação das chuvas, quando ocorre mais de 90% da precipitação e a estação da seca, com ausência quase total das chuvas e baixa umidade relativa. Os solos são geralmente profundos e bem drenados, de baixa fertilidade, como os latossolos e as areias quartzosas; que necessitam de correção e adubação para o uso agrícola (SANO et al., 2008).

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1 Materiais Utilizados

Neste trabalho, foram utilizadas imagens do sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8. O sensor OLI possui 11 bandas espectrais, sendo que as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9 possuem resolução espacial de 30 metros, as bandas 10 e 11 possuem resolução espacial de 100 metros e a banda 8 (pancromática) possui resolução espacial de 15 metros. A resolução radiométrica é de 12 bits e a resolução espacial é de 16 dias. Para este trabalho foi utilizada a cena 221/66 dos dias 24/04/2013 e 30/08/2013.

#### 3.2 Metodologia

##### 3.3.1 Uso do Modelo Linear de Mistura Espectral

Existe uma grande diversidade de alvos na composição de cada pixel, em que o valor digital possui informações sobre a proporção da mistura entre cada componente (SHIMABUKURO e SMITH, 1991; TEIXEIRA, 2004). Portanto, uma das técnicas utilizadas para identificar esses alvos consiste do uso do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), que representa a mistura espectral dos alvos em cada pixel.

Assim, ao analisar uma área queimada, por exemplo, os pixels puros (*endmembers*) a serem utilizados como dados de entrada serão selecionados diretamente na imagem a partir de pixels que possuam resposta espectral mais próxima da curva teórica esperada para alvos puros. Os *endmembers* geralmente utilizados para cada conjunto de dados referem-se às imagens fração vegetação, solo e sombra, conforme Equação 1.

$$\rho_i = a \cdot \text{veg}_i + b \cdot \text{solo}_i + c \cdot \text{sombra}_i + e_i$$

em que  $\rho_i$  é a resposta da reflectância do pixel na banda  $i$ ;  $a$ ,  $b$  e  $c$  são as proporções de vegetação solo e sombra, respectivamente;  $\text{veg}_i$ ,  $\text{solo}_i$  e  $\text{sombra}_i$  são as respostas espectrais das componentes vegetação, solo e sombra (ou água), respectivamente; e  $e_i$  é o erro na banda  $i$ .

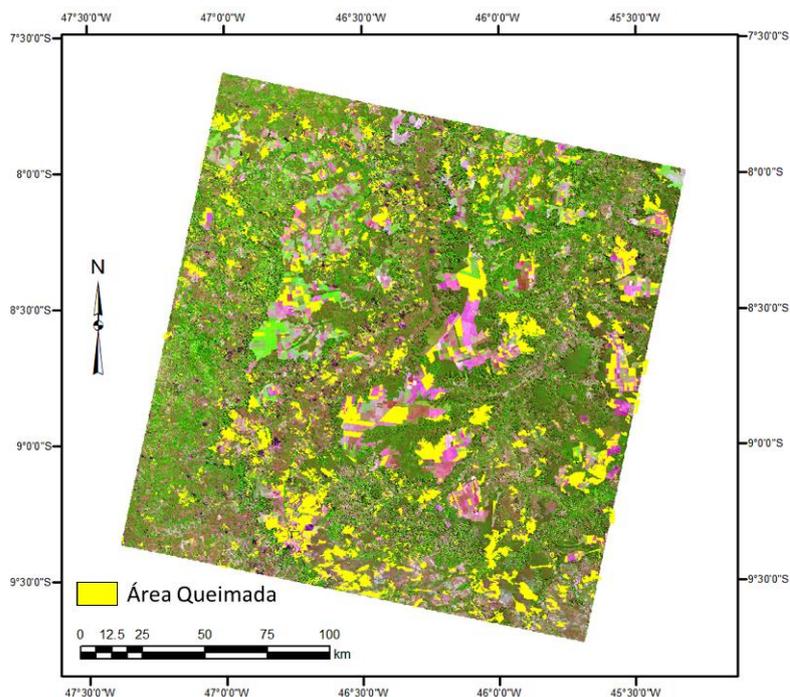
Assim, as imagens do sensor OLI foram inseridas no aplicativo de geoprocessamento SPRING, onde foi aplicado o MLME nas duas imagens do sensor OLI. Após a aplicação do MLME, as imagens fração sombra resultantes foram inseridas no SPRING e segmentadas com o intuito de gerar polígonos espectralmente homogêneos. O próximo passo consistiu na seleção de limiares de similaridade (limiar mínimo em que duas regiões são consideradas similares e agrupadas em um único polígono) e área (área mínima em número de *pixels* para que uma região seja individualizada). Os valores de limiares escolhidos foram 8 para similaridade e 12 para área. Após a segmentação, os polígonos de áreas queimadas foram agrupados e

associados em uma categoria temática, e posteriormente uma edição manual foi realizada com o intuito de minimizar possíveis erros de inclusão e omissão decorrentes da classificação, permitindo um mapeamento com maior acurácia.

Após o mapeamento pré e pós-queimada nas duas datas analisadas, foi realizada a diferença entre as frações sombra, utilizando a classificação não supervisionada K-médias para o mapeamento final.

#### 4. Resultados e Discussão

A Figura 2 mostra as áreas queimadas que ocorreram no sul do estado do Maranhão em Agosto de 2013, e a Figura 3 mostra a distribuição espacial das queimadas para a mesma época.



**Figura 2.** Mapeamento das áreas queimadas na região sul do estado do Maranhão.

Conforme a Figura 2, as áreas antropizadas de Cerrado, como os solos expostos, aparecem na cor magenta com formato geométrico definido, com a presença de estradas e/ou caminhos. As áreas de vegetação queimada aparecem com coloração amarela.

A cultura da soja no Brasil ocorreu no período anterior à década de 60 e expandiu bastante a sua área cultivada, após as circunstâncias favoráveis na década de 1970. O deslocamento da soja para o Brasil Central inicia-se nos anos finais de 1970, e parte rumo aos cerrados nordestinos em meados da década de 1980 (GIORDANO, 1999).

Na medida em que a ocupação do centro-oeste foi consolidando, bem como a região a oeste da Bahia, a monocultura da soja amplia a sua área de abrangência indo em direção aos estados do Maranhão e Piauí, áreas que vêm sofrendo com o processo de queimadas para a abertura de novas fronteiras agrícolas.

O levantamento dos polígonos mapeados possibilitou o conhecimento das características qualitativas e quantitativas das áreas queimadas, como suas distribuições e frequências, conforme Figura 3.

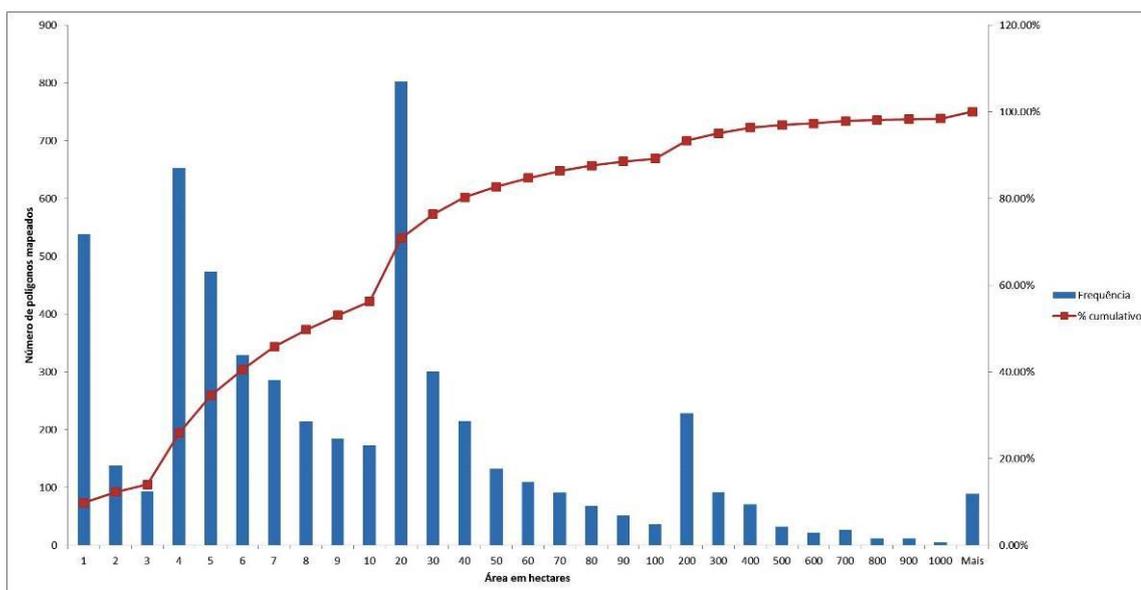


Figura 3: Distribuição espacial das áreas queimadas na área de estudo.

O gráfico demonstra que, do total de polígonos mapeados (5.480) aproximadamente quase 80% das áreas queimadas ocorrem em áreas de 1 até 20 hectares. Tal característica indica que a maior quantidade de queimadas está relacionada com áreas de pequenas extensões, embora a expansão da soja ocorra em extensos latifúndios. Sugere-se que esses polígonos mapeados pertençam a uma mesma propriedade e que as áreas agrícolas foram sendo queimadas de forma gradativa para não despertar a atenção dos órgãos fiscalizadores e para o controle da queimada.

A atividade agropastoril insere-se nos termos do desenvolvimento sustentável, devido à maior preocupação com a expansão e descontrole dos processos produtivos nela inseridos, como, por exemplo, insumos agrícolas e demanda cada vez maior por água. Uma das consequências da utilização das áreas de Cerrado para atividades agropastoris é o aumento da incidência do número de focos de queimadas. Estas afetam significativamente o meio ambiente, alterando o balanço de radiação da superfície e da atmosfera, os ciclos biogeoquímicos e hidrológicos e causam problemas de saúde para populações localizadas nestas áreas (PEREIRA et al., 2009).

## 5. Conclusões

O trabalho demonstra a intensa antropização já ocorrida na região sul do estado Maranhão que engloba o Cerrado, em que grande parte do seu bioma vem sendo atingida com a prática da queimada para dar origem a enormes áreas destinadas à monocultura da soja.

Entende-se que é importante o debate sobre as queimadas e as consequências desastrosas de uma expansão agrícola para que a população possa atuar politicamente na forma em que estas vêm ocorrendo. Nas áreas do bioma Cerrado, as décadas de ocupação irracional do espaço e a crescente expansão da fronteira agrícola provocaram o agravamento das queimadas com a elevação do seu poder de destruição e ampliação. O poder público não cumpre o seu papel na ordenação da agricultura comercial e na definição de políticas para a ocupação das áreas.

Os resultados confirmam a necessidade de implementação de medidas de conservação para as grandes áreas de Cerrado ainda existentes e para que não sejam definitivamente perdidos os pequenos remanescentes ainda presentes nas regiões estudadas, principalmente nas áreas com alto grau de degradação ambiental.

## Referências

- Fearnside, P. M. et al. Biomass and greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazonian "arc of deforestation": The states of Mato Grosso and Rondônia. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 1968-1978, 2009.
- Giordano, S. R. **Competitividade regional e globalização**. 1999. 249f. Dissertação (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo. 199.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2004. **Mapa de biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas\_murais/biomas.pdf>. Acesso em: 05 out. 2014.
- Mantovani, J. E.; Pereira, A. Estimativa da Integridade da Cobertura Vegetal de Cerrado Através de Dados TM/Landsat. 1998. In: **Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 1455-1466. Disponível em: <http://martemarte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.11.10.57/doc/2\_168p.pdf>.
- Pereira, G. et al. Estimating trace gas and aerosol emissions over South America: Relationship between fire radiative energy released and aerosol optical depth observations, **Atmospheric Environment**, v. 43, p. 6388-6397, 2009.
- Sano, E. E.; Rosa, R.; Brito, J. L. S.; Ferreira, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.
- Silva, G. B. S. et al. Dinâmica da expansão de áreas antropogênicas no bioma Cerrado localizado na região Nordeste do Brasil. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**. São José dos Campos, SP: INPE, 2013. p. 7297-7304.
- 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, n. 1, p. 16-20, 1991.
- Teixeira, C. G. **Validação do Modelo Linear de Mistura Espectral em Imagens ASTER/TERRA a partir de dados Ikonos**. 2004. 127 p. (INPE-13183-TDI/1029). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.
- Werf, G. R.; Randerson, J. T.; Giglio, L.; Collatz, G. J.; Kasibhatla, P. S.; Arellano Jr., A. F. Interannual variability in global biomass burning emissions from 1997 to 2004. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 6, p. 3423-3441, 2006.