

# QUANTIFICAÇÃO DA ÁREA QUEIMADA NO ESTADO DO TOCANTINS NO PERÍODO DE 2003 A 2011 UTILIZANDO IMAGENS DO SATÉLITE TM/LANDSAT-5



Revista  
**Desafios**

Artigo Original  
Original Article  
Artículo Original

*Quantification of the burn area in the state of Tocantins in the period from 2003 to 2011 using satellite images TM/Landsat-5*

*Cuantificación de áreas quemadas en el estado de Tocantins en el periodo de 2003 a 2011 utilizando imágenes de satélite TM/Landsat-5*

Ingridy Mikaelly Pereira Sousa<sup>\*1</sup>, Marcos Vinicius Giongo Alves<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Curso de Engenharia Florestal, Campus de Gurupi, Universidade Federal do Tocantins, Instituição de Ensino Superior, Local, País.

*\*Correspondência: Bajejós, Lote 7, Chácaras 69/72- Zona Rural | Caixa Postal 66- CEP: 77402-970 e-mail ingridymikaelly@uft.edu.br*

Artigo recebido em 30/10/2015. Aprovado em 09/12/2015. Publicado em 24/02/2017.

## RESUMO

As queimadas trazem várias consequências para o bioma Cerrado, dentre elas está o aumento da temperatura, diminuição das chuvas, empobrecimento do solo, além de aumentar os riscos de doenças respiratórias. O estado do Tocantins possui características favoráveis para o desenvolvimento de atividades econômicas como a agricultura e pecuária, atrelada a essas atividades está à utilização do fogo para o manejo de áreas de pastagens, atividades agrícolas, entres outros, principalmente em pequenas propriedades. A utilização de dados orbitais representa uma eficiente ferramenta na detecção de áreas queimadas, nesse contexto o presente trabalho utilizou imagens do satélite TM/Landsat-5 para quantificação de áreas queimadas no estado do Tocantins no período de 2003 a 2011. A metodologia aplicada consistiu no processamento de imagens de satélite identificando visualmente as cicatrizes de queimadas nas imagens orbitais. Como resultado tem-se os picos de queimadas em 2007 e 2010 com 5.177.770 e 7.225.070 ha respectivamente, posteriormente, comparando esses dados com o número de focos de calor, confirma-se os maiores registros em 2010 seguido do ano de 2007.

**Palavras-chave:** Cerrado. Cicatrizes de queimadas. Dados Orbitais.

## ABSTRACT

Burning bring several consequences for the Cerrado biome, between them is the increase in temperature, decrease of rainfall, soil impoverishment, besides increase the risks of respiratory diseases. The state of Tocantins has favorable characteristics for the development of economic activities such as agriculture and livestock, bound to these activities is the use of fire for the management of pasture areas, agricultural activities, among others, mainly in small properties. The use of orbital data represents an efficient tool in the detection of burned areas, in this context, the present work used TM / Landsat-5 satellite images for the quantification of burned areas in the state of Tocantins from 2003 to 2011. The applied methodology consisted of Processing of satellite images by visually identifying burn scars on orbital images. As a result we have the burn peaks in 2007 and 2010 with 5.177.770 and 7.225.070 ha respectively, later, comparing these data with the number of heat sources, we confirm the highest records in 2010 followed by the year 2007.

**Keywords:** Cerrado. Burn scar. Orbital data.

## RESUMEN

*Las quemadas traen varias consecuencias para el bioma cerrado, entre ellas está el aumento de la temperatura, disminución de la lluvia, empobrecimiento del suelo, además de aumentar los riesgos de las enfermedades respiratorias. El estado de Tocantins posee características favorables para el desarrollo de actividades económicas tales como agropecuaria, vinculadas a esas actividades esta la utilización del fuego para el manejo de áreas de pasturas, actividades agrícolas, entre otras, principalmente en pequeñas propiedades. La utilización de datos espaciales representa una herramienta eficiente en la detección de áreas quemadas, en este contexto el presente trabajo utilizo imágenes de satélite TM/Landsat-5 para la cuantificación de áreas quemadas en el estado de Tocantins en el periodo de 2003 a 2011. La metodología aplicada consistió en el procesamiento de imágenes espaciales. Como resultado se tienen los picos de quemadas en 2007 y 2010 con 5.177.770 y 7.225.070 ha respectivamente, posteriormente, comparando esos datos con el número de focos de calor, se confirmaron mayores ocurrencias en 2010, seguido del año 2007.*

**Descriptores:** Cerrado. Cicatrices de quemadas. Datos orbitales.

## INTRODUÇÃO

A ocorrência do fogo no Cerrado deve-se principalmente à ação antrópica, porém, esse é um evento que pode ocorrer de forma natural nesse bioma, por meio de descargas elétricas (raios) por exemplo, além disso, o fogo tem sido um fator ecológico antigo e muito importante para os ecossistemas, sendo evidenciado pelo fato de algumas espécies serem tolerantes e dependentes do fogo (LOMBARDI, 2005). Nas últimas décadas o aumento de área queimada tem sido significativo no Brasil, esse fato está associado principalmente a expansão de fronteiras agrícolas, à conversão de florestas e savanas em pastagens e a renovação de cultivos agrícolas e, principalmente de pastagens (FRANÇA, 2000).

Muitos são os danos causados pelo fogo e para que seja viável o controle do fogo é necessário que se tenha rapidez e a eficiência na detecção e monitoramento dos incêndios florestais, pois isso implica na redução dos custos das operações de combate e mitigação dos danos. A propósito, o conhecimento da localização e extensão do incêndio é fundamental para a estimativa do impacto do fogo sobre o ambiente (BATISTA, 2004).

Estruturar os serviços de prevenção e combate a incêndios dentro da viabilidade econômica exige saber quando e como ocorrem esses incêndios,

além disso é preciso conhecer as principais causas dos incêndios para se fazer um trabalho objetivo de prevenção, visando à redução daquelas causas mais frequentes. (SOARES *et al.*, 2005).

Segundo Pereira *et al.*, (1997) para avaliar as perdas e os efeitos ecológicos causados pelo fogo é necessário que haja um banco de dados com informações detalhadas e atualizadas sobre a localização e extensão das áreas queimadas. É notório a falta de informações detalhadas sobre queimadas que indiquem sua extensão, deixando de responder uma das principais questões ambientais que é a quantidade de área queimada.

Coutinho (1990) aponta que na estação seca, compreendida de maio a outubro, há um maior risco de ocorrência de incêndios pois as condições atmosféricas estão particularmente favoráveis a propagação do fogo, sendo que o pico de ocorrência de queimadas é em agosto e setembro. Com isso favorece a utilização de dados orbitais na obtenção de informação sobre as áreas queimadas pois no período seco, onde há maior ocorrência de queimadas é o período onde há menor quantidade de nuvens nas imagens de satélite, facilitando assim o trabalho com as mesmas.

Uma das informações disponíveis sobre os incêndios são os focos de calor, obtidos a partir de sensores remotos a bordo de satélites. O foco de calor

é o registro de calor captado na superfície do solo por um sensor de um satélite, esse capta e registra qualquer temperatura maior que 47° C e interpreta como foco de calor (BATISTA, 2004). No entanto, esses dados não fornecem informações diretas sobre a extensão de área queimada. Para estabelecer relações desse tipo é necessário calibrar os dados de focos com estimativa de área queimada obtidas por sensores de alta resolução (ARINO *et al.*, 2000).

Krug e Santos (2000), em trabalho realizado no Cerrado com interpretação visual de imagens TM/Landsat, realizaram a estimativa da área total queimada no período de maio a novembro de 1999, classificando por tipo de fisionomia vegetal. Dentre as hipóteses testadas, a que se apresentou mais confiável foi a de obtenção de área queimada identificada em 42 imagens nos meses de junho e julho, o resultado estimou uma área queimada de 187.224 km<sup>2</sup> para todo o Cerrado durante o período seco.

Em outro estudo realizado no Cerrado com mapeamento de cicatrizes de fogo, França (2000) validou e ajustou o algoritmo de identificação de cicatrizes a partir de dados TM/Landsat, criando mosaicos quinzenais das imagens do sensor AVHRR/NOAA-14 para toda a área de estudo. O resultado da área queimada no período de 01 de maio de 1998 a 30 de abril de 1999 foi estimado em aproximadamente 429.000 km<sup>2</sup> (19% da área total estudada).

Neste contexto o presente trabalho visa quantificar as áreas queimadas no Estado do Tocantins no período de 2003 a 2011, utilizando imagens TM/Landsat-5 e associando com os dados de focos de calor disponibilizados pelo INPE.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

A área de estudo compreende o Estado do Tocantins, localizado na região Norte do Brasil, entre as coordenadas 5° 10' 06" a 13 ° 27' 59" S; e 45° 41' 46" a 50° 44' 33" O, com uma extensão territorial de 277.621 km<sup>2</sup> e constituído por 139 municípios. A vegetação predominantemente no estado é o Cerrado, possuindo regiões de ecótono com a Floresta Amazônica.

Os limites do estado estendem-se por 4.163,7 km, distribuídos em confrontações com os seguintes estados: Maranhão (1.167,2 km), Goiás (1.051,4 km), Pará (790,4 km), Mato Grosso (565,5 km), Bahia (554,8 km) e Piauí (34,4 km). A superfície do Tocantins inserida na Amazônia Legal equivale aproximadamente 97,9% da área total do estado. A temperatura média anual do ar vai de 25 a 29 °C e a precipitação média anual vai de 1.200 a 2.100 mm (SEPLAN, 2012).

### Aquisição de dados

Para a realização do trabalho foram utilizadas imagens do satélite Landsat-5, sensor Thematic Mapper (TM). A aquisição das imagens TM/Landsat-5 foi realizada pelo site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em formato digital de todas as bandas brutas. Foram adquiridas imagens com datas referentes ao período seco, priorizando aquelas imagens com menor ou nenhuma cobertura de nuvens.

O período de análise compreendeu os anos de 2003 a 2011, ao todo a área de estudo abrange 19 órbitas/pontos: 220/067; 220/068; 220/069; 221/065; 221/066; 221/067; 221/068; 221/069; 222/064; 222/065; 222/066; 222/067; 222/068; 222/069; 223/064; 223/065; 223/066; 223/067; 223/068 e 223/069, sendo utilizada destas, 284 imagens TM/Landsat-5.

### **Correção geométrica das imagens**

A correção geométrica das imagens foi realizada a partir do registro “imagem-imagem”, que ocorreu através da seleção de pontos de controle (GCPs), na imagem a ser corrigida e na imagem referência, a qual corresponde a uma imagem já georreferenciada, obtida no contexto da atividade Estudo da Dinâmica da Cobertura e Uso da Terra no Estado do Tocantins, referente ao ano de 2007.

Selecionou-se no mínimo 20 pontos bem distribuídos e que tinham como base elementos planimétricos estáveis e de fácil identificação. Depois que os pontos de controle foram definidos foi aplicado o método de reamostragem “Vizinho mais próximo” (Nearest Neighbor), utilizando um polinômio do 1º grau para a transformação de coordenadas, gerando um RMS menor que 1,5 pixel (45 m) e visando preservar os valores radiométricos da imagem original (CHUVIECO,1996).

### **Interpretação visual das imagens**

Nesta etapa, foi realizada a identificação das cicatrizes do fogo resultantes da queima de biomassa vegetal através da interpretação visual das cenas TM/Landsat-5 diretamente na tela do computador, que consiste na delimitação da área identificada como cicatriz de queimada, cada informação desse tipo corresponde a um polígono que compõe um arquivo vetorial.

Para as interpretações visuais foram utilizadas duas imagens referentes à mesma cena com composições diferentes, a primeira composição colorida foi composta pelas bandas 5(R), 4(G) e 3(B) e a segunda composição foi formada pelas bandas 7(R), 5(G) e 2(B), a qual auxilia durante o processo de tomada de decisão na interpretação visual. Estas composições deixam em evidência as cicatrizes de queimadas, devido ao fato de que as áreas que tiveram a biomassa queimada tendem a absorver mais

a radiação dos comprimentos de onda centrados na banda do infravermelho próximo (NIR) (PEREIRA e SELTZER, 1993),

De acordo com Lombardi (2005), a utilização da interpretação visual como procedimento para extrair a informação temática desejada foi considerada a mais adequada, uma vez que os procedimentos de classificação digital geralmente confundem padrões espectrais semelhantes, como os apresentados pelas cicatrizes do fogo e outros elementos contidos nas imagens, tais como corpos d’água e sombras de nuvens ou acidentes orográficos.

Essas confusões normalmente geram classificações menos exatas das imagens TM/Landsat-5 do que aquelas resultantes da análise visual. A partir de tal interpretação foi feita a quantificação de área queimada em hectares (ha) e foram produzidos mapas temáticos com as áreas sobrepostas referentes ao período proposto para este estudo.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir da interpretação visual das cenas TM/Landsat-5, conforme descrito na metodologia deste trabalho foi possível calcular a área atingida pelo fogo durante o período de estudo. O resultado desta interpretação é apresentado na Tabela 1, onde são apresentados os dados de área queimada para o período de 2003 a 2011, a porcentagem da área queimada que cada ano representa em relação ao total queimado durante o período e a contagem de focos de calor para cada ano de interesse.

Pode-se notar que a área total queimada foi de 28.737.950 ha, a contagem de focos de calor para todo o período estudado registrado por todos os satélites e pelo satélite referência foi de 531.274 e 105.140 focos de calor respectivamente, dentre todos os anos analisados 2010 se destacou com 7.225.070 de ha queimados o que corresponde a 25,14 % do

total queimado e o número de focos de calor registrados pelo satélite referência e também por todos os satélites foram de 25.069 e 129.340 focos, respectivamente. Já o ano com menor ocorrência de incêndios foi 2009 com 1.275.550 ha queimados que corresponde a 4,44% o total de área queimada, sendo que o número de focos de calor para este ano obtidos pelo satélite referência e por todos os satélites foram de 5.749 e 20.865 focos, respectivamente. O ano de 2009 se mostrou bastante atípico, esse fato pode ser atribuído principalmente as condições climáticas do mesmo que apresentou índices de chuvas acima da média como foi comprovado na literatura por IBAMA (2010).

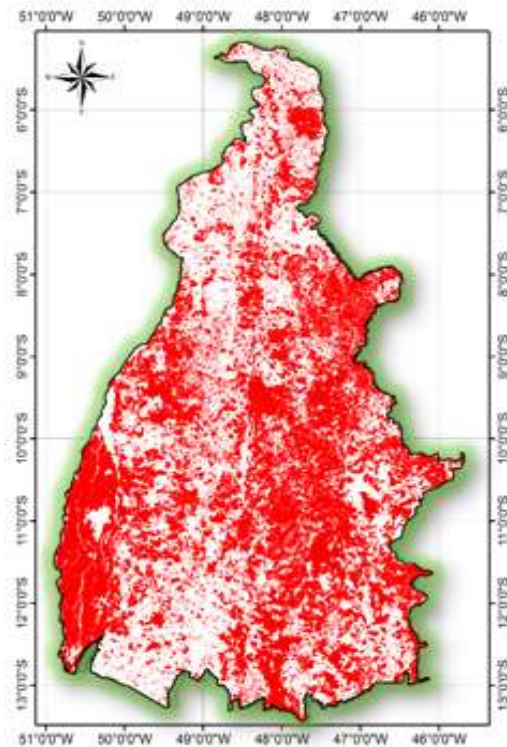
**Tabela 1.** Área queimada (1.000 ha) no Estado do Tocantins e número de focos de calor entre 2003 e 2011

Ano	AQ (1.000 ha)	%AQ	Focos de Calor <sup>1*</sup>	Focos de Calor <sup>2*</sup>
2003	2.125,80	7,40	9.819	42.484
2004	3.533,75	12,30	13.241	62.831
2005	3.179,10	11,06	13.006	65.200
2006	1.705,49	5,93	5.513	28.934
2007	5.177,77	18,02	15.290	89.346
2008	2.733,41	9,51	7.066	43.770
2009	1.275,55	4,44	5.749	20.865
2010	7.225,07	25,14	25.069	129.340
2011	1.782,02	6,20	10.387	48.504
<b>TOTAL</b>	<b>28.737,95</b>	<b>100,00</b>	<b>105.140</b>	<b>531.274</b>

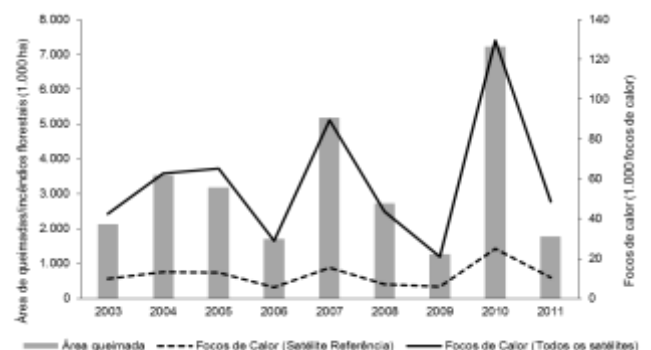
AQ = Área queimada; <sup>1</sup> Satélite de referência; <sup>2</sup> Todos os satélites. \* Dados obtidos do Banco de Dados de Queimadas do INPE (INPE, 2015)

Na Figura 1 pode-se observar a sobreposição das cicatrizes de queimadas identificadas nos anos de 2003 a 2011, notando-se a distribuição espacial das mesmas. É evidente as regiões críticas no estado e que merecem atenção na realização e execução de planos de prevenção e combate aos incêndios. Já na Figura 2 tem-se um balanço geral do trabalho realizado, nota-se que as áreas queimadas apresentam variação de acordo com o ano estudado e que os focos de calor acompanharam essa alteração onde os focos detectados por todos os satélites confirmam os dados obtidos nesse trabalho, podendo-se fazer uma

validação dos dados obtidos. Também é possível observar um histórico dos incêndios para o Estado do Tocantins, tendo em vista que estas informações são base para o planejamento e implantação ou até mudança nas políticas públicas relacionadas a prevenção e combate a incêndios.



**Figura 1.** Espacialização das áreas queimadas de 2003 a 2011.



**Figura 2.** Histórico das áreas queimadas e focos de calor no Estado do Tocantins durante o período de 2003 a 2011.

## CONCLUSÃO

O estudo realizado possibilitou a quantificação da área queimada em todo o Estado do

Tocantins sendo possível visualizar a evolução dos incêndios ocorridos no período de 2003 a 2011, estabelecendo um histórico e definido a situação do Estado e relação a extensão de áreas queimadas. Estas informações podem auxiliar na elaboração de um mapa de risco que mostram regiões críticas onde pode se intensificar e aperfeiçoar planos para a região. Portanto esses resultados podem levar a tomada de decisão acertada sobre a elaboração e implantação de planos operativos de prevenção e combate a incêndios e/ou melhoria política voltadas para o manejo do fogo, tal como prevenção, controle e combate dos incêndios.

---

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

---

## REFERÊNCIAS

- ARINO, O.; PICCOLINI, I.; SIEGERT, F.; EVA, H.; CHUVIECO, E.; MARTIN, P.; LI, Z.; FRASER, R. H.; KASISCHHE, E.; ROY, D.; PEREIRA, J.; STROPPIANA, D. Burns scars mapping methods. *In*: F. AHERN, J. GRÉGORIE, C. JUSTICE ( eds.). **Forest fire monitoring and mapping: a component of global observation of forest cover**. Italy, European Commission Joint Research Centre, p. 198-223; 2000.
- BATISTA, A.C. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Floresta**. v.34, n.2, p. 237-241, 2004.
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de teledetección espacial**. 3 ed., Madrid, Ediciones Rialp. 1996.
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. *In*: J. GOLDAMMER ( ed.), **Fire in the tropical biota**. New York, Springer-Verlag, p. 82-105; 1990.
- FRANÇA, H. Metodologia de identificação e quantificação de áreas queimadas no Cerrado com imagens AVHRR/NOAA. São Paulo, SP. **Tese de Doutorado**. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo; 2000.
- IBAMA. 2010. Relatório de combate a Incêndios. Brasília, nov., p.14.
- KRUG, T.; SANTOS, J.R. Estimativa da área total queimada no cerrado brasileiro em 1999, a partir de dados orbitais. São José dos Campos: 2000. (**Relatório PNUD BRA/95/G31**).
- LOMBARDI, R.J.R. Estudo da recorrência de queimadas e permanência de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/LANDSAT. São Jose dos Campos, SP. **Dissertação de Mestrado**. INPE. São Jose dos Campos; 2005.
- PEREIRA, J.M.C.; CHUVIECO, E.; BEAUDOIN, A.; DESBOIS N. Remote sensing of burned areas: a review. *In*: E. CHUVIECO (ed.) **A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires**. Alcalá de Henares, p. 127-183; 1997.
- PEREIRA, M.C.; SETZER. A.W. Spectral characteristics of fire scars in Landsat-5 TM images of Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**. v.14, n.11, p.2061-2078, 1993.
- SEPLAN. 2012. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. Palmas, 80 p.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; SANTOS, J. F. Evolução do perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas no Brasil, de 1983 a 2002. *In*: SEMINÁRIO DE ATUALIDADES EM PROTEÇÃO FLORESTAL, 2, Blumenau, **Anais**. p. 1-10, 2005.