

Análise do uso e cobertura da terra após a ocorrência de queimadas no município de Alto Paraíso de Goiás

Mariana Santos da Silva¹
Lucas Garcia Magalhães Peres¹
Helen da Costa Gurgel²

^{1,2} Universidade de Brasília - UnB
Campus Darcy Ribeiro - CEP 70910-900 – Asa Norte - DF, Brasil

¹{marianasantos.unb, lucasgarciamp}@gmail.com
²helengurgel@unb.br

Abstract: Forest Fires in protected areas are quite frequent in Cerrado biome. Although some studies have proven its importance over the ecological evolution of the biome, its occurrences are generally associated with environmental problems. An alternative measure to assess such impacts is on behalf of satellite images monitoring. By using geoprocessing tools, the aim of this paper is to identify burnt areas and understand how land coverage and usage dynamics is build up within a year time. By analysing the years ranged between 2009 and 2016, the studied area analysed was the municipality of "Alto Paraíso de Goiás", where two of the protected areas, "PARNA Chapada dos Veadeiros" - The National Park of Chapada dos Veadeiros - and "APA do Pouso Alto" - Pouso Alto Area of Environmental Protection- are located. To meet the objectives of this paper, Landsat images were used with NBR index application to identify burn areas, land coverage and usage classification via photo interpretation and change detection by the method of post-classification. From the gathered data, it has been observed that 70% of the burnt area were indentified as natural vegetation on the following year. In addition, it has also been observed recurrent forest fires on the same area in subsequent years. Therefore, the use of forest fires to transform natural vegetation for human purposes are of low relevance.

Palavras-chave: Forest fires, NBR index, land coverage and usage, change detection, Cerrado, queimadas, índice NBR, uso e cobertura do solo, detecção de mudança, Cerrado.

1. Introdução

O fogo geralmente está relacionado a danos ambientais e a problemas relacionados à saúde humana (França, 2000; Klink e Machado, 2005). No entanto, a presença do fogo no Cerrado apresenta-se de forma adaptativa, o que se torna um elemento importante na própria evolução ecológica do bioma (Goulart et al., 2011). Segundo o Programa de Queimadas, projeto desenvolvido pelo INPE, o Cerrado é o bioma que apresentou o maior valor de áreas queimadas nos últimos 11 anos, totalizando 3.892.590 km², o que corresponde a 49,8% do total de áreas queimadas ocorrido no Brasil.

Uma das questões que fomentam o debate sobre a ocorrência de queimadas é quanto a sua ocorrência em áreas protegidas. Somente no ano de 2015 foram detectados pelo Programa de Queimadas mais de 96.700 focos de queimadas em Unidades de Conservação Federais. Outro aspecto continuamente discutido é quanto a origem das queimadas e incêndios, que podem ser provocadas por descargas elétricas, queimadas antropogênicas acidentais e queimadas antropogênicas intencionais (França et al., 2007).

Dentre as formas de análise e entendimento sobre as queimadas e seus efeitos, destacam-se as efetuadas através do monitoramento por meio de imagens orbitais (Jesus et al., 2011). Um dos modos de entender a dinâmica e os efeitos do uso do fogo é observar as mudanças que tais ações provocam no uso do solo. A elevada frequência de queimadas no cerrado, ocasionado por atividades antrópicas, contribui para o empobrecimento do ecossistema de modo geral, reduzindo os nutrientes do solo e a biomassa arbórea e arbustiva (Miranda et al., 2004). Uma das possibilidades de analisar esses impactos é por meio da detecção de mudanças, analisando áreas queimadas e sua evolução ao longo do tempo.

Em 2010, 2,1% do município de Alto Paraíso de Goiás foi atingido por fogo, com 1.186 focos, representando o 9º município de Goiás com a maior quantidade de focos de queimada. No mesmo período, o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros ficou em 3º lugar em termos de quantidade de focos de incêndio entre as Unidades de Conservação Federais, perdendo apenas para o Parque Nacional da Emas (1.544 focos) e a Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (794 focos), todas 100% abrangidas pelo bioma Cerrado (INPE, 2016).

Considerando que a prática de queima do solo está presente no bioma Cerrado, que sua ocorrência se correlaciona com atividades antrópicas e com a própria dinâmica do bioma, e que as queimadas influenciam diretamente na evolução do uso e cobertura do solo, o objetivo deste trabalho é identificar áreas queimadas e entender como se dá a dinâmica temporal de cobertura nessas áreas no ano posterior a queima, utilizando o intervalo entre os anos de 2009 a 2016, tendo como exemplo o município de Alto Paraíso de Goiás, utilizando imagens do satélite *Landsat 5* e *Landsat 8*.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A área de estudo corresponde ao município de Alto Paraíso de Goiás, localizado no norte do estado de Goiás (Figura 1). Com uma área de 2.593,88 km² e uma população de 7.328 habitantes (IBGE, 2010), Alto Paraíso de Goiás insere-se no bioma cerrado, onde predominam formações florestais savânicas e campestres, típicas do bioma. Entre as principais fitofisionomias, o município apresenta savana gramíneo-lenhosa, savana parque, savana arborizada e savana florestada (Sano, 2008). O município também se encontra no contexto de duas áreas protegidas, o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e a Área de Proteção Ambiental do Pouso Alto. No município desenvolvem-se principalmente atividades de agropecuária e turismo (IBGE, 2010).

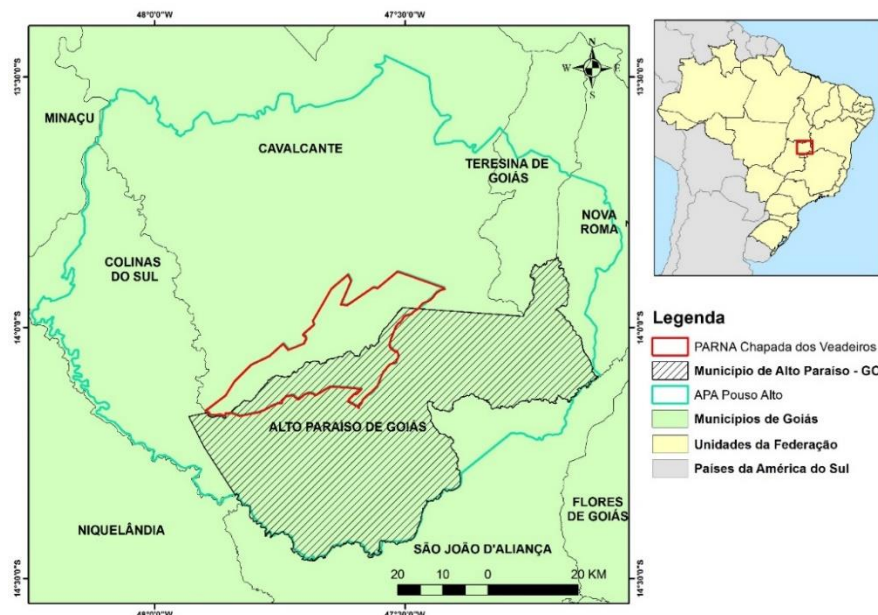


Figura 1: Localização da Área de Estudo.

2.2 Metodologia para detecção de áreas queimadas

Para a realização desse trabalho, foram utilizadas imagens dos satélites *Landsat 5* e *Landsat 8*, das datas apresentadas na Tabela 1, compreendendo o intervalo entre os anos de 2008 e 2015, com exceção ao ano de 2012, onde não há dados disponíveis. As imagens foram adquiridas através do portal do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). No pré-processamento das imagens foi necessário fazer o registro das mesmas e a conversão da radiância em reflectância. Os procedimentos foram realizados no *software* ENVI 4.7.

Tabela 1: Imagens Landsat utilizadas.

Satélite/Sensor	Data de aquisição da cena	Órbita/Ponto	Resolução	Fonte
Landsat 5/TM	03/08/2009	221/70	30 m	USGS
Landsat 5/TM	07/09/2010	221/70	30 m	USGS
Landsat 5/TM	10/09/2011	221/70	30 m	INPE
Landsat8/ OLI	15/09/2013	221/70	30 m	USGS
Landsat8/ OLI	18/09/2014	221/70	30 m	USGS
Landsat8/ OLI	21/09/2015	221/70	30 m	USGS
Landsat8/ OLI	07/09/2016	221/70	30 m	USGS

Após o pré-processamento das imagens, foi aplicado o índice NBR (*Normalized Burn Ratio* – Índice de Queimada por Razão Normalizada), que tem como propósito identificar e realçar as áreas que sofreram queimadas (Key e Benson, 1999). O NBR utiliza-se das bandas do canal do infravermelho próximo (ρ_{NIR}) e do infravermelho médio (ρ_{MIR}), respectivamente bandas 5 e 7 do sensor *OLI/Landsat 8* e bandas 4 e 7 do sensor *TM/Landsat 5*. As mesmas apresentam o maior contraste entre uma vegetação fotossinteticamente saudável e as áreas queimadas. Ademais, é verificado um aumento da reflectância na banda do infravermelho médio e diminuição da reflectância da banda do infravermelho próximo em situações de queimadas (Cardozo et al., 2011). O NBR é calculado pela Equação 1:

$$NBR = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{MIR}} \quad (1)$$

O cálculo do NBR foi realizado no *software* ENVI 4.7, através da ferramenta *Band Math*. A imagem resultante após a aplicação do NBR foi então multiplicada por 1.000, atendendo ao critério de Key e Benson (1999) para classificação da severidade da queimada. Após esse procedimento, o raster foi então convertido para o formato vetorial *shapefile*, através do *software* QGIS 2.16. Esse vetor foi então comparado visualmente com as áreas queimadas das imagens, de forma a excluir as áreas que foram superestimadas como queimadas pelo índice e correspondiam a outro tipo de cobertura. A Figura 2 apresenta um exemplo de correlação entre o índice NBR e uma área queimada que foi identificada visualmente, na imagem referente ao ano de 2011. A utilização de NBR para detecção de áreas queimadas no Cerrado já foi aplicada satisfatoriamente por Salmona e Pinagé (2015), Rosan e Alcântara (2015), Pinheiro e Borges (2015), entre outros.

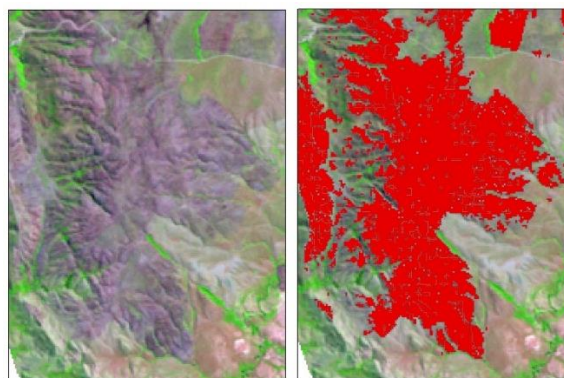


Figura 2: Correlação entre área queimada na imagem *Landsat* e o resultado do índice NBR.

2.3 Metodologia para classificação do uso e cobertura da terra

A partir dos polígonos gerados através da aplicação do índice NBR, deu-se início ao processo de classificação por interpretação visual. Nesta etapa foram utilizados o vetor de queimada do ano analisado e a imagem de satélite do ano seguinte. Com base em fotointerpretação, as áreas queimadas foram tematizadas de acordo com o Mapeamento de Cobertura Vegetal do Cerrado da Embrapa (Sano, 2008). As classes observadas nas imagens foram: área queimada, agricultura, pastagem, savana gramíneo-lenhosa e savana parque.

Para distinguir algumas classes de cobertura mais semelhantes, como por exemplo, savana gramíneo-lenhosa e pastagem é preciso considerar os elementos básicos de fotointerpretação como tonalidade, forma e tamanho, padrão e textura (Rosa, 2007). Um desses elementos fundamentais para distinguir as classes citadas é a forma, visto que a savana gramíneo-lenhosa apresenta formas geométricas irregulares, diferentemente da pastagem de possui uma estrutura visualmente mais regular.

A primeira imagem a ser classificada foi do ano de 2010, as cenas do ano de 2009 foram utilizadas somente para a identificação das queimadas. A partir do vetor da área queimada identificada por NBR na imagem de 2009, foi classificada visualmente a mesma área na imagem de 2010 para identificar a mudança ocorrida neste intervalo de um ano, e assim foi aplicado em toda série temporal.

Após a classificação das áreas queimadas, aplicou-se a detecção de mudança através do método de pós-classificação, cujo objetivo é identificar a conversão das feições na superfície terrestre (Singh, 1989). Tal método, realizado a partir da técnica de tabulação cruzada, gera uma tabela onde as áreas transformadas são apresentadas em porcentagem. Para o cerrado, alguns trabalhos foram desenvolvidos utilizando técnicas semelhantes tanto na classificação do uso, com métodos manuais baseados em interpretação visual, como na aplicação da detecção de mudança (de Oliveira et al., 2014; Menke et al., 2009). A Figura 3 apresenta o fluxograma dos procedimentos metodológicos aplicados no presente trabalho.



Figura 3: Metodologia para detecção de áreas queimadas e classificação de uso e cobertura.

3. Resultados e Discussão

A partir da aplicação do índice NBR, identificou-se que nos últimos sete anos as queimadas distribuíram-se espacialmente por quase todo o município (Figura 4). As maiores incidências de áreas queimadas ocorreram nos anos de 2010, 2011 e 2015, onde foram identificadas, respectivamente, 42.179,30 ha, 33.234,90 ha e 34.850,30 ha de áreas queimadas (Tabela 2). Resultados semelhantes foram observados por Salmona e Pinagé (2015).

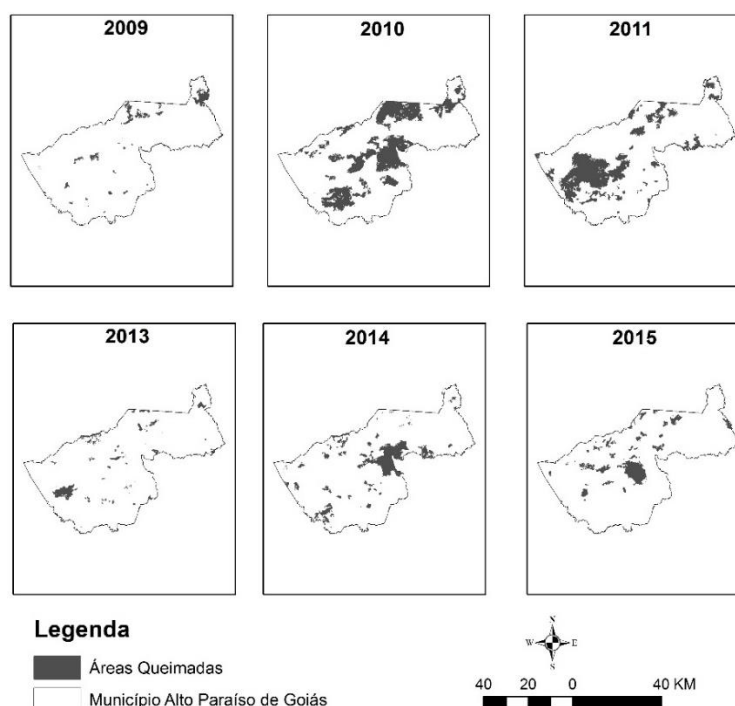


Figura 4: Distribuição das áreas queimadas no município de Alto Paraíso de Goiás entre 2009 e 2015.

Com base nas áreas apresentadas na Figura 4, foi realizada a classificação de uso e cobertura da terra, onde posteriormente foi aplicada a tabulação cruzada, para identificação do uso no ano posterior a queimada. A classificação apresenta-se na Figura 5.

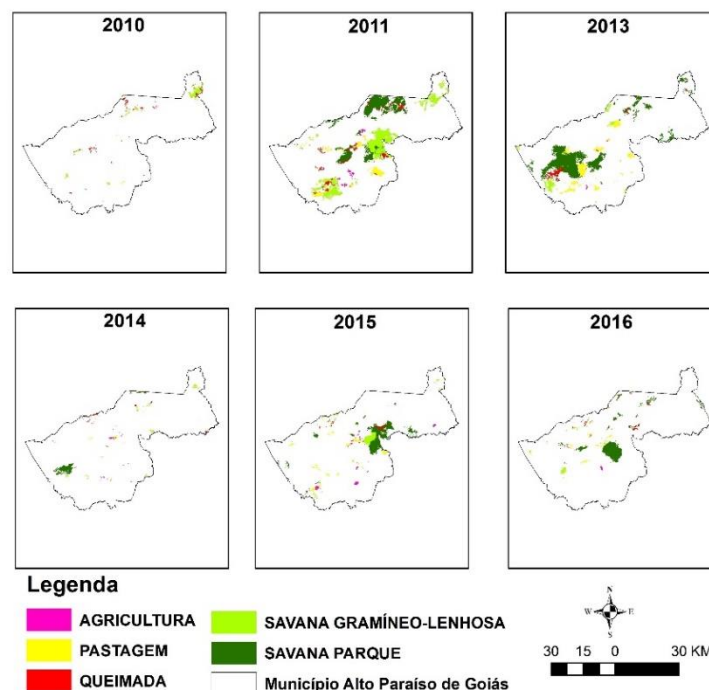


Figura 5: Classificação de Uso e Cobertura no ano posterior a queimada.

Foi verificado que em todos os anos da série aproximadamente 70% das áreas queimadas foram identificadas no ano posterior como coberturas savana gramíneo-lenhosa e savana parque (Tabela 2). Correspondiam a vegetação natural os anos de 2011, 2013, 2014, 2015 e 2016, respectivamente 80,56%, 76,11%, 77,58%, 75,33% e 76,3% das áreas identificadas como queimadas no ano anterior.

Tabela 2: Detecção de mudança da área queimada para demais classes de uso e cobertura da terra entre 2009-2016.

Dados em porcentagem (%)	Anos	Classes					Total de áreas queimadas (ha)
		Agricultura	Pastagem	Savana Gramíneo-lenhosa	Savana Parque	Área Queimada	
		2010					
	2009	1,62	2,27	60,85	5,04	30,22	3.944,60
		2011					
	2010	2,44	8,98	42,10	38,46	8,02	42.179,30
		2013					
	2011	0,36	17,64	7,37	68,74	5,89	33.234,90
		2014					
	2013	6,58	5,69	21,08	56,50	10,16	4.812,04
		2015					
	2014	5,34	12,93	18,19	57,14	6,39	22.312,10
		2016					
	2015	1,45	7,87	9,83	66,47	28,76	34.850,30

Nos anos de 2010 e 2011 as queimadas foram predominantemente representadas por savana gramíneo-lenhosa diferente do restante da série temporal que a partir da classificação de 2013, as queimadas foram representadas, em sua maioria, por savana parque. Tais fitofisionomias possuem características distintas e que posteriormente podem acarretar em usos diferentes.

Verificou-se também que as queimadas foram recorrentes em algumas áreas, especialmente nos anos de 2009 e 2015, onde aproximadamente 30% das áreas identificadas como queimadas nesses anos obtiveram a mesma classificação no ano seguinte, alcançando os valores de 30,22% no ano de 2010 e 28,76% no ano de 2016. Essa requeima de área são recorrentemente associadas à limpeza de área para implementação de cultura agrícola.

Os anos em que identificam maior mudança entre a classificação pré-queimada e pós-queimada para cobertura antrópica foram 2011-2013 e 2014-2015. Em 2013, 17,64% e 0,36% das áreas identificadas como queimada em 2011 foram classificadas como pastagem e agricultura, respectivamente. Em 2015, para as mesmas classes, os valores foram de 12,93% e 5,34%.

4. Conclusões

A baixa taxa de conversão de áreas queimadas para áreas antropizadas no ano posterior a queima é um indicativo que a utilização de fogo para conversão de vegetação natural em áreas agricultáveis ou de pasto ocorre de maneira pouco representativa no município. Alguns dos fatores que podem explicar isso são a presença das áreas protegidas como a APA do Pouso Alto, presente em todo o território de Alto Paraíso de Goiás e o PARNA da Chapada dos Veadeiros, além das características físicas de solo e relevo (bastante acidentado e montanhoso) da região que são pouco propícias para o desenvolvimento de atividades agropecuárias.

Entretanto, é necessário monitorar as queimadas na região. Apesar de fazerem parte da dinâmica natural do bioma Cerrado, é fundamental esse monitoramento, uma vez que sua recorrência pode trazer prejuízos para o meio ambiente, ocasionando perdas de biodiversidade, principalmente em áreas protegidas.

O índice NBR e os demais recursos de geoprocessamento utilizados apresentaram-se eficazes na identificação das áreas queimadas e nas classes de cobertura do solo posteriormente convertidas. Tais ferramentas e metodologias elaboradas são fundamentais para entender as recorrentes incidências de fogo no bioma Cerrado, contribuindo então para o planejamento de políticas ambientais e planos de manejo mais eficientes.

Referências Bibliográficas

De Oliveira, S. N., et al. Detecção de mudança do uso e cobertura da terra usando o método de pós-classificação na fronteira agrícola do oeste da Bahia sobre o Grupo Urucuiá durante o período 1988-2011. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº 66/5, p. 1157-1176, 2014.

Cardozo, F. S.; Martins, F. S. R. V.; Pereira, L. O.; Sato, L. Y.; Moura, Y. M.; Pereira, G.; Shimabukuro, Y. E. Avaliação de áreas queimadas a partir dos índices espectrais NDVI e NDBR. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 7950-7957. 1 DVD. ISBN: 978-85-17-00057-7. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1429.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2016.

França, H. **Metodologia de identificação e quantificação de áreas queimadas no cerrado com imagens AVHRR/NOAA**. 2000. 133 p. (001181796). Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências, USP, São Paulo, 2000.

França, M. B. **O fogo no Parque Nacional das Emas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 141 p.

Goulart, A. A.; Setzer, A. W.; Morelli, F. **Focos de queimadas e incêndios detectados por satélites nas unidades de conservação do Cerrado no Mato Grosso em 2010**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 14. (SBGFA), 2011, Dourados, MS. Disponível em: <

http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/2011_GoulartAA_et%20al_Focos_UCMT_14SBGF.pdf>. Acesso em: 25 out. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de informações do Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/resultados>>. Acesso em: 15 set.2016

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acesso em: 30/09/2016.

Jesus, S. C.; Setzer, A. W.; Morelli, F. Validação de focos de queimadas no Cerrado em imagens TM/Landsat-5. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 8051-8058. 1 DVD. ISBN: 978-85-17-00057-7. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0899.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2016.

Key, C. H.; Benson, N. **Measuring and Remote Sensing of burn severity: the CBI and NBR**. Los Alamos: United States Geological Service, 1999. Disponível em <https://archive.usgs.gov/archive/sites/www.nrmc.usgs.gov/files/norock/products/SEVER36_im_copy6.pdf> Acesso em: 15 out. 2016.

Klink, C. A.; Machado, R. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n.1, p. 147-155, 2005.

Menke, A. B., et al. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no Município de Luis Eduardo Magalhães (BA – Brasil). **Sociedade & Natureza**, nº 21, p. 315-326, 2009.

Miranda, E. E. **Queimadas: Balanço dos dados de 2003 e comparações com 2002**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. 14 p. (ISSN 1451-2118).

Miranda, H. S. et al. **Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos**. In: Aguiar, L. M. S.; Camargo, A. J. A. (Eds.). Cerrado: ecologia e caracterização. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.69-123.

Pinheiro, P. S.; Borges, E. F. Avaliação das cicatrizes de queimadas nos municípios de Barreiras e São Desidério-BA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2015, João Pessoa, PB. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. P 5514-5521. 1 DVD."

Rosa, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: EDFU, 2007. 248 p.

Rosan, T. M.; Alcântara, M. Detecção de áreas queimadas e severidade a partir do índice espectral ΔNBR . In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2015, João Pessoa, PB. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. P 0526-0533. 1 DVD.

Salmona, Y. B.; Pinage, E. R. Mapeamento de Queimadas nos Parques Nacionais de Brasília e Chapada dos Veadeiros. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 1532-1538. 1 DVD. ISBN: 978-85-17-0076-8. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.14.44.50>>. Acesso em: 25 out. 2016

Sano, E. E; Rosa R.; Brito, J. L. S.; Ferreira, L. G. **Mapeamento da Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008. 60 p. (ISSN 1676-918X).

Singh, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v.10, p. 89-1003, 1989.