

ANÁLISE DAS ÁREAS QUEIMADAS NA SERRA DE SÃO JOSÉ, SÃO JOÃO DEL REI, MINAS GERAIS

*ANALYSIS OF BURNED AREAS IN SÃO JOSÉ HILL, SÃO JOÃO
DEL REI, MINAS GERAIS*

Ana Cláudia de Mello Silvério

Universidade Federal de São João del Rei - UFSJ - Departamento de
Geociências - DEGEO
kadiaa@hotmail.com

Patrícia Ladeiro Pinheiro

Universidade Federal de São João del Rei - UFSJ - Departamento de
Geociências - DEGEO
patricia.ladeira@gmail.com

Paula Resende Santos

Universidade Federal de São João del Rei - UFSJ - Departamento de
Geociências - DEGEO
paularesendesantos@gmail.com

Gabriel Pereira

Universidade Federal de São João del Rei - UFSJ - Departamento de
Geociências - DEGEO
pereira@ufs.edu.br

Leonardo Cristian Rocha

Universidade Federal de São João del Rei - UFSJ - Departamento de
Geociências - DEGEO
rochageo@ufs.edu.br

Francielle da Silva Cardozo

1Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE - Divisão de
Sensoriamento Remoto - DSR
cardozo@dsr.inpe.br

Resumo

Frequentes em todas as regiões do mundo, as queimadas consomem grandes quantidades de biomassa e liberam gases traços e aerossóis para a atmosfera. Na superfície, a alteração das propriedades físico-químicas e biológicas pela ação das queimadas estão relacionadas com

o albedo. Sendo assim, as emissões provenientes das queimadas ocasionam mudanças na cobertura vegetal e danos ao ecossistema, além de mudar a composição química e o balanço da atmosfera, que modificam direta e indiretamente o balanço de energia, a evaporação da superfície e a capacidade de retenção de água no solo, resultando em complexas interações das variáveis ambientais. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é identificar as áreas atingidas pelo fogo na Serra de São José e seu entorno ao longo de 14 anos, de 2000 a 2013, a partir da interpretação de imagens do sensor *Thematic Mapper* a bordo do satélite LANDSAT 5 (TM/L5) e da aplicação da técnica de processamento digital (PDI) denominada Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME). Para a análise da distribuição espacial das áreas queimadas na região de estudo foram eliminadas as distorções radiométricas e geométricas presentes nas imagens orbitais referentes à órbita 218 e ponto 75 do *World Reference System 2* (WRS-2) a partir do georreferenciamento da mesma em relação a uma base ortorretificada disponibilizada pelo *U.S. Geological Survey* (USGS). Após este procedimento, as imagens foram inseridas no aplicativo Spring 5.2 e segmentadas, adotando-se como critérios de similaridade e área mínima os valores de 8 e 12, respectivamente. A partir das regiões originadas neste processamento, as imagens foram classificadas com base na interpretação dos diversos comportamentos espectrais originados pela alteração das propriedades físico-químicas e biológicas das áreas em processo de degradação. Assim como em outras técnicas de mapeamento, os resultados aqui obtidos necessitaram de uma edição topológica manual para corrigir erros eventuais introduzidos no processo de extração dos *endmembers* do MLME para as componentes sombra, solo e vegetação. Na área de estudo, que corresponde a 11.388 km² e abrange os municípios de São João del-Rei, Tiradentes e Prados, aproximadamente 72 km² foram queimados, dos quais grande parte está inserida na área de proteção ambiental (APP) localizada na Serra de São José.

Palavras-chave: Queimadas, Landsat, processamento digital de imagens.

Abstract

Frequent in all regions of the world, fires consume large amounts of biomass and release trace gases and aerosols into the atmosphere. In the surface, the changes of physicochemical and biological properties by the action of fires are related to the albedo changes. Therefore, the emissions from fires cause variations in vegetation cover and damage to the ecosystem, changing the chemical composition and balance of the atmosphere, the energy balance, the surface evaporation and the ability of soil retention, resulting in complex interactions of many environmental variables. In this context, the main objective of this work is to identify areas affected by fires in the São José Hill and its surrounds, between 2000 and 2013, based on the interpretation of images of the Thematic Mapper sensor aboard the Landsat 5 satellite (TM/L5)

and by the application of an digital processing technique denominated Linear Spectral Mixture Model (LSMM). To analyze the spatial distribution of burned areas, radiometric and geometric distortions present in images, related to Path/Row 218/75 in World Reference System 2 (WRS-2) were eliminated by the georeferencing of the images related to an orthorectified base provided by the U.S. Geological Survey (USGS). After this procedure, the images were inserted in Spring 5.2 and segmented, using as criteria of similarity and minimum areavalues of 8 and 12, respectively. From the regions originated by this processing, the images were classified based on the interpretation of the different spectral behaviors originated by the alteration of the physico-chemical and biological areas. Also, the results were edited to correct any errors introduced in the extraction of endmembers for the the SLMM components. In the study area, which corresponds to 11,388 km² and covers the municipalities of São João del Rei, Tiradentes and Prados, approximately 72 km² were burned, which a large part is inserted into the environmental protection area located in the São José Hill.

Keywords: Biomass Burning, Landsat, digital image processing.

Introdução

Estudos relacionados aos impactos ambientais tem se tornado cada vez mais frequentes, com o propósito de encontrar medidas atenuantes para os efeitos desses impactos sobre o meio. As queimadas tem sido responsáveis pela diminuição de importantes biomas brasileiros como a Amazônia e o Cerrado, explorados pela prática agropecuária, sendo o Cerrado o mais atingido, com 20% apenas da sua vegetação original (FREITAS, 2010).

Segundo o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), todos os anos nos meses de julho a outubro, período da estação seca, ocorre um considerável aumento no número de queimadas registradas de norte a sul do país. Estas são causadas por diversos fatores, porém, segundo Pereira (2013), estima-se que aproximadamente 90% das queimadas são relacionadas à atividades antropogênicas.

O fogo pode afetar diversos componentes do ambiente, tais como o solo, vegetação, fauna e a atmosfera. Os prejuízos podem ser incalculáveis do ponto de vista científico, conservacionista e financeiro (OLIVEIRA *et al.*, 2000 *apud* KOPROSKI *et al.*, 2004). Assim, afirmam Coutinho e Cornélio (2010):

A falta de informações e de diretrizes, capazes de auxiliar os processos de formatação e de decisão de políticas ambientais e agrícolas têm, sistematicamente, levado as instituições públicas ou privadas, responsáveis pela gestão dos recursos naturais e dos bens comuns, a adotarem primordialmente medidas repreensivas e imediatistas em relação à incidência de queimadas, na tentativa de solucionar ou minimizar impactos pontuais e específicos, causados, sobretudo, pela

interferência antrópica direta, sem a compreensão mais ampla sobre os fatores condicionantes ou determinantes do mesmo.

O Bioma Cerrado é caracterizado por um diversificado conjunto de fisionomias vegetais que vem apresentando nas últimas décadas uma intensa pressão antrópica, condicionada principalmente por atividades agropecuárias. As alterações provocadas por essas práticas carecem de sistemas contínuos de mapeamento e monitoramento, com o intuito de identificar as modificações na cobertura do solo e os impactos relacionados à degradação ambiental por queimadas. Na Serra de São José, pode-se encontrar duas unidades de conservação, a área de proteção ambiental (APA) e o refúgio de vida silvestre libélulas da Serra de São José (REVS). A APA se expande em aproximadamente 4.800 hectares, e o refúgio em 3.717 hectares. A extensão da Serra é habitada por produtores rurais, e é grande a prática do ecoturismo, com a existência de várias empresas atuando na região.

Porém a Serra de São José é afetada frequentemente por incêndios florestais, que são responsáveis pela grande destruição da fauna e flora, além da perda da fertilização do solo, da maior propensão de processos de erosão, da alteração do equilíbrio natural da região e dos riscos de destruição de bens, como casas, postes de eletricidade e comunicação.

A ocorrência de grandes incêndios florestais em Unidades de Conservação no Brasil pode ser considerada uma grave ameaça para a conservação da biodiversidade e manutenção de processos ecológicos. A maior incidência de incêndios florestais ocorridos na região da Serra de São José é criminoso, colocado pelos próprios produtores ou funcionários, com o objetivo de melhorar o pasto para as criações. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo principal integrar diversos produtos provenientes de sensores orbitais e dados coletados em campo para analisar a dinâmica e o impacto das queimadas na Serra de São José, localizada na microrregião do Campos das Vertentes no Estado de Minas Gerais.

Área de estudo

A Serra de São José (**Figura 1**) é uma das referências mais antigas da Região do Rio das Mortes (CRUZ, 2011). Sua ocupação teve início no princípio do século XVIII, na era Brasil Colonial, devido à descoberta de ouro aluvial. Localizada a 21°06'30" latitude Sul e 44°11'00" de longitude Oeste, na microrregião do Campos das Vertentes no estado de Minas Gerais, abrange os municípios de Tiradentes, Santa Cruz de Minas, São João Del Rei, Coronel Xavier Chaves e Prados. As formações vegetais nativas identificadas na área são floresta tropical, cerrado, campos rupestres e variações das mesmas.

Na área de estudo o regime térmico é caracterizado por uma temperatura média anual entre 17,4°C e 20,5°C. Janeiro e fevereiro são os meses mais quentes do ano, com temperaturas médias variando de 19,9°C a 22,9°C; e julho o mês mais frio, com temperaturas médias variando de 14,4°C a 16,8°C (EMBRAPA, 2006). O regime pluviométrico da região caracteriza-se por um período chuvoso de seis meses, de outubro a março. A precipitação média anual varia entre 1.200 e 1.600 mm, coincidindo o período chuvoso com o período mais quente do ano.

Os solos da área de estudo foram classificados como neossoloslíticos e quartzarênicos, desenvolvido sobre um substrato geológico correspondente a rochas quartzíticas dos grupos São João del Rei e Andrelândia (EMBRAPA, 2006). Geomorfologicamente, as formas das Serras de São José são resultantes da esculturação promovida pela dinâmica fluvial, com morfologias marcadas por cristas, escarpas e vales profundos. Do ponto de vista morfoestrutural corresponde a um monoclinal do tipo *hog-back*, que evoluiu a partir de escarpas de falhas (SAADI, 1991).

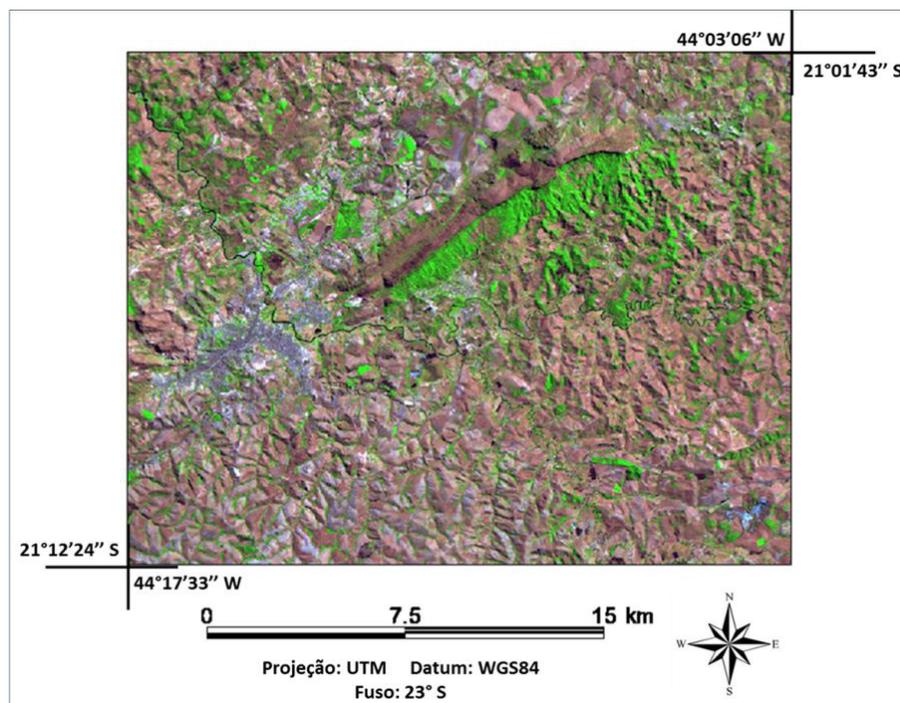


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Materiais e métodos

As imagens utilizadas nesse trabalho foram adquiridas no acervo de imagens de satélite da DGI/INPE, disponibilizadas via internet no formato GEOTIFF. Para a análise e delimitação da área queimada foi utilizado o sensor ThematicMapper do Satélite Landsat 5 (TM/L5), referente à órbita-ponto 218/75. O sensor TM/Landsat 5 possui resolução temporal de 16 dias, resolução espacial de 30 metros e cobre faixas

do espectro eletromagnético (EEM) a partir de sete bandas espectrais.

Neste trabalho, foram utilizadas duas imagens do TM/L5, uma da época chuvosa e outra da época seca, uma vez que a análise temporal permite mapear os locais onde ocorreram as queimadas. Para o mapeamento das áreas queimadas o software utilizado para o georreferenciamento das imagens foi o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING 5.2), também disponibilizado pelo INPE. Nesse aplicativo, todas as imagens foram inseridas e corrigidas geometricamente a partir do interpolador vizinho mais próximo, com *root mean square error* (RMSE) menores que 1 pixel. O mapeamento da área queimada foi obtido a partir da segmentação da imagem fração sombra com o intuito de gerar polígonos espectralmente homogêneos, aplicando-se limiares de similaridade (8) e área (12), que foram estipulados com base na complexidade da forma, da dimensão e pelos desvios de médias dos valores dos níveis de cinza apresentados pelas cicatrizes de queimadas.

Modelo linear de mistura espectral

O modelo linear de mistura espectral é usado para estimativas de vegetação e interpretação de imagens voltadas para a questão do desmatamento. Essa técnica foi desenvolvida com o intuito de poder estimar a proporção de cada componente da mistura (Solo, Sombra e Vegetação) dentro de cada pixel, pois dependendo da resolução espacial, pode-se encontrar vários alvos refletindo a radiância espectral em um mesmo pixel (SHIMABUKURO et al., 1997). Desta forma, o MLME indica qual das 3 frações é mais representativa dentro de cada pixel. Como descrito na Equação 1:

$$\rho_i = a \cdot \text{veg}_i + b \cdot \text{solo}_i + c \cdot \text{sombra}_i + e_i \quad (1)$$

em que ρ_i é a resposta da reflectância do pixel na banda i ; a , b e c são as frações de vegetação, solo e sombra, respectivamente; veg_i , solo_i e sombra_i são as respostas espectrais das componentes vegetação, solo e sombra (ou água), respectivamente; e_i é o erro na banda i .

Processo de segmentação e classificação

A segmentação é um processo automático que consiste em subdividir uma imagem em regiões homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas, que melhor representam as feições presentes na cena (OLIVEIRA, 2002). Os parâmetros de entrada do segmentador são o limiar de similaridade e o tamanho mínimo de área. Cada região possui um atributo numérico que a caracteriza. Desta

forma, cada pixel adjacente pode ser considerado um candidato em potencial para compor o mesmo polígono, desde que a diferença entre os valores definidos sejam inferiores aos limiares adotados. Na segmentação, o atributo área indica o tamanho mínimo, em número de pixels, em que uma região deve ter na imagem segmentada, já a similaridade indica a proximidade das estatísticas adotadas (OLIVEIRA, 2002).

A classificação da imagem foi feita a partir da edição topológica e atribuição da classe “queimada” aos polígonos originados pela segmentação da fração sombra de cada ano. Neste trabalho, foram realizadas edições vetoriais e matriciais para minimizar os erros de classificação. Para (DUARTE *et al.*, 2001), a edição matricial é mais eficiente pois não necessita de ajustes delinhas e poligonização, reduzindo o tempo de computação. Para eliminar eventuais erros, as linhas dos polígonos do mapa classificado, representado na forma vetorial, foram sobrepostos à composição colorida das imagens originais e de informações adicionais disponíveis para algumas áreas.

Assim como em outras técnicas de mapeamento, os resultados aqui obtidos necessitaram de edição para corrigir os ocasionais erros ocorridos durante o processamento automático. Nesse caso, o programa reconheceu além das áreas queimadas, áreas com topografia irregular e também onde há presença de água. Desta forma, a partir do mapeamento digital, as áreas queimadas entre 2000 e 2012 foram mapeadas para duas épocas distintas (época chuvosa e época seca).

Resultados

A **Figura 2** exibe as áreas queimadas mapeadas durante o período compreendido entre 2000 e 2013. Ressalta-se que os anos que não apresentaram cicatrizes de queimada na área de estudo foram eliminados da análise (2002, 2005, 2006, 2009 e 2013).

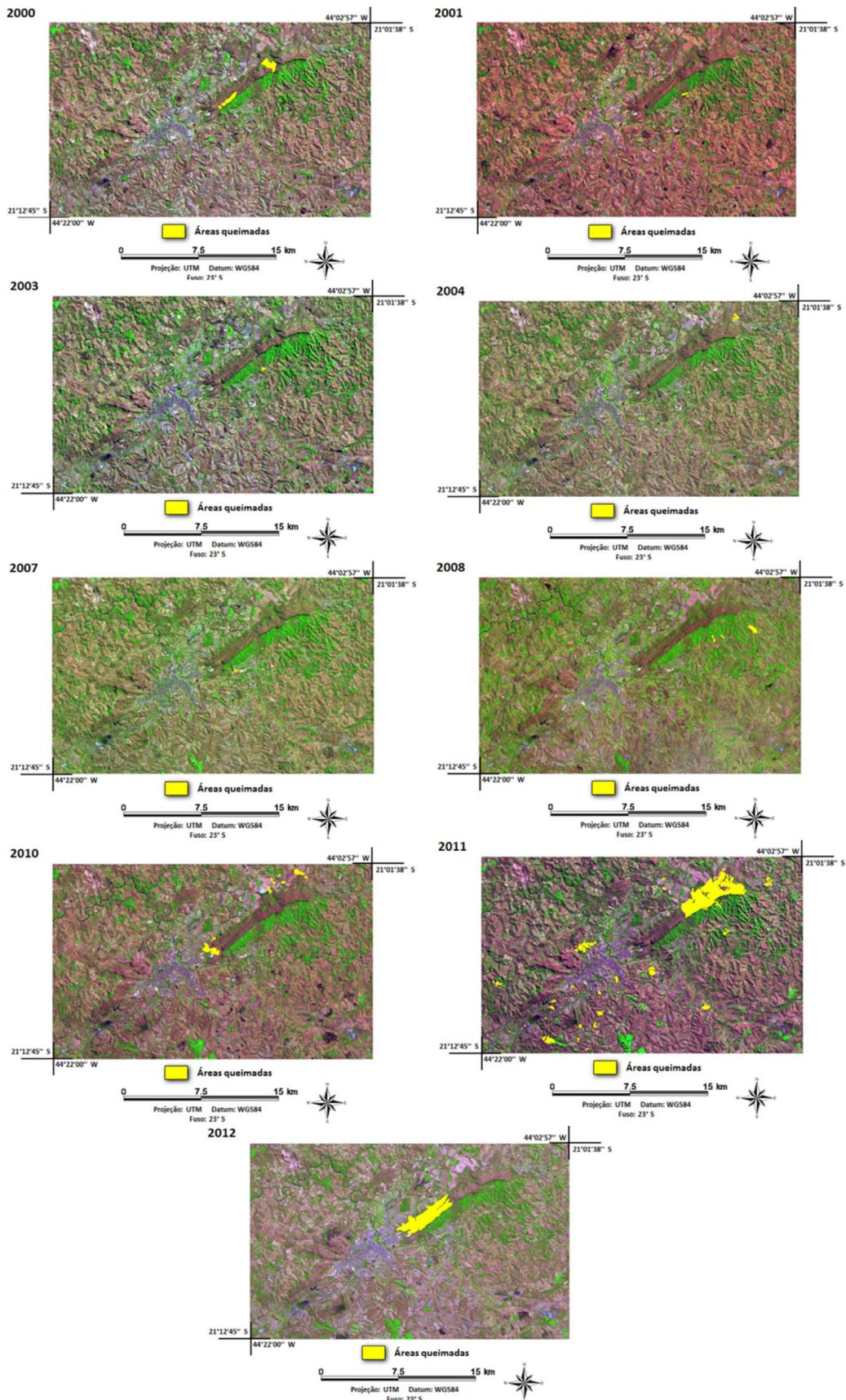


Figura 2 – Áreas queimadas (em amarelo) delimitadas para a Serra de São José (MG) para o período compreendido entre 2000 e 2013. Os anos de 2002, 2005, 2006, 2009 e 2013 não apresentaram áreas queimadas e não são exibidos.

Apesar de todos os eventos terem combate efetivo a partir de atividades realizadas pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), a Serra de São José sofreu alterações e prejuízos decorrentes de queimadas reincidentes. A análise das queimadas na Serra de São José indica que o ano de 2012 foi o mais afetado por queimadas, com aproximadamente 480 ha, calculadas a partir do cálculo de Áreas / Comprimento por Geo-Classe. O município que mais teve sua área atingida na Serra foi o de Coronel Xavier Chaves, que de acordo com dados colhidos pelo IEF, foi atingido nos anos de 2010 e 2012.

A vegetação afetada nos anos com incidência de queimada foi a de Cerrado e Campo Rupestre. Também foi observado que a época de maiores queimadas é nos períodos de seca, em que a queimada se torna mais propícia. A maioria delas foi provocada por ações humanas, segundo Lourenço (1996), nos últimos 30 anos, com o aumento populacional e as atividades florestais e agropecuárias, a frequência de fogo aumentou. Ressalta-se que a ocorrência de incêndios florestais na área de estudo raramente é devido à reação da própria natureza (combustão espontânea). A partir das análises multitemporais, os anos que continha cicatrizes de queimadas são: 2000, 2001, 2003, 2004, 2007, 2008, 2010, 2011 e 2012. Durante 14 anos, em 9 foi possível detectar áreas queimadas, com as maiores nos anos de 2011 (1250 ha) e 2012 (700 ha), seguidos por 2010 (19 ha), 2000 (18 ha), 2008 (5 ha), 2004 (2 ha), 2003 (1,5 ha), 2001 (1,3 ha) e 2007 (1 ha).

A Figura 3 exibe as áreas queimadas nos últimos 14 anos, assim como, áreas com reincidências de queimadas (em azul). De acordo com o IFE pode-se observar que as áreas que sofreram mais com as queimadas são pertencentes ao município de Coronel Xavier Chaves, com queimadas ocorridas nos anos de 2010, 2011 e 2012. Porém outras áreas da Serra sofreram esse processo. Apesar do número de combatentes e do controle das queimadas, a área queimada sofreu alterações e prejuízos.

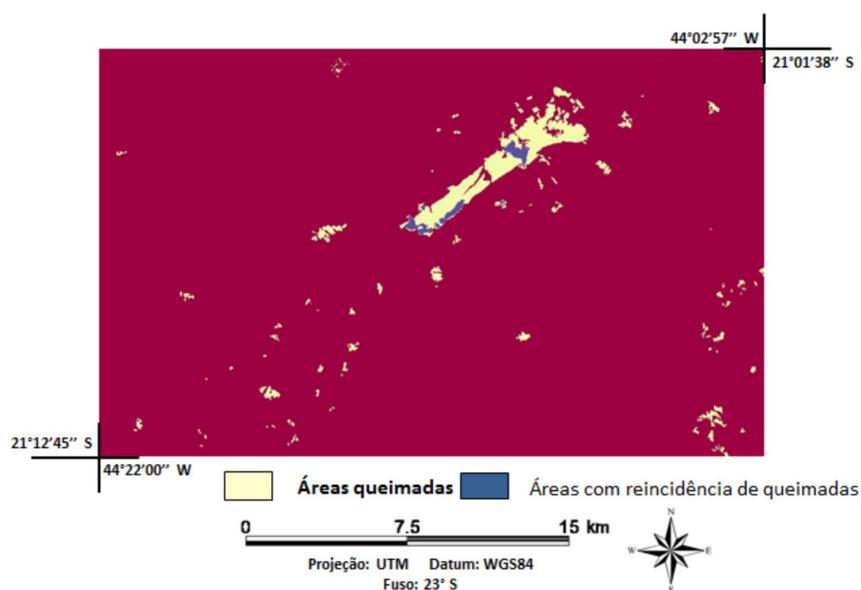


Figura 3 – Áreas queimadas (em amarelo) delimitadas para a Serra de São José (MG) para o período de 2000-2013 e áreas com reincidência de queimadas (em azul).

Conclusões

Na área de estudo, a maiorias das queimadas são derivadas de fatores associados às atividades antropogênicas. Para o período estudado, os anos de 2011 e 2012 apresentaram cicatrizes que superaram 1200 ha, atingindo grade parte da Serra de São José, composta por duas unidades de conservação (APA e REVS). Desta forma, pode-se ressaltar que o sensoriamento remoto, associados às técnicas de processamento digital de imagens, permite o acompanhamento e monitoramento da ocorrência de focos de incêndios auxiliando na análise das degradações ambientais deste fenômeno. Através do mapeamento de cicatrizes de queimadas é possível estimar a área afetada e propor medidas mitigadoras, uma vez que o fogo devasta grandes áreas e influencia na fauna e flora da região.

Referências bibliográficas

COUTINHO, A. C.; CORNÉLIO, G.. Precisão posicional dos dados de queimada na região do pantanal brasileiro. Anais 3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cáceres, MT, 16-20 de outubro 2010. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.677 -682

CRUZ, L. **São João Del Rei Transparente**, São João Del Rei, 2011. Disponível em: <<http://saojoaodelreitransparente.com.br/projects/view/721>>. Acesso: em 06 set. 2013.

DUARTE, V.; MOREIRA, M.A.; RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y.E. Banco de Informações Agrícolas do Município de Itápolis – SP, Utilizando Imagens de Satélite e Sistema de Informações Geográficas. **Anais X SBSR**, Foz do Iguaçu, 21-26 abril 2001, INPE, p.51-58, Sessão Técnica Oral – Workshops.

EMBRAPA, Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Zona Campos das Vertentes – MG. Embrapa Solos Rio de Janeiro, RJ. 2006

FERREIRA, M.E. Análise do modelo linear de mistura espectral na discriminação de Fitofisionomias do Parque Nacional de Brasília (bioma Cerrado). **Dissertação de Mestrado**, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 2003

FREITAS, E.V. Queimadas no Brasil: Causa Real nas Rodovias. 2010. 25 Folhas. **Pesquisa Voluntária**. Itabira. 2010

HENRIQUES, R.P.B. Influência da história do solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma Cerrado. In: Scariot, A.; Sousa-Silva, J. C.; Felfili, J. M. (Ed.). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. cap. 3, p. 73-92.

KOPROSKI, L.P.; et al. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional de Ilha Grande – Brasil. **Floresta**, v. 34, n. 2, p. 193-197, 2004.

OLIVEIRA, J.C. Índice para avaliação de segmentação (IAVAS): uma aplicação em agricultura / J. C. Oliveira. – São José dos Campos: INPE, 2002.

PEREIRA, G. **Análise da dinâmica ambiental de áreas afetadas por queimadas na Serra de São José – MG.** 2013.

SAADI, Allaoua. **Ensaio Sobre a Morfotectônica de Minas Gerais.** 1991

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, Jan. 1991.

SHIMABUKURO, Y. E.; MELLO, E. M. K.; MOREIRA, J. C.; DUARTE, V. Segmentação e classificação da imagem sombra do modelo de mistura para mapear desflorestamento na Amazônia. São José dos Campos: INPE, 1997, 16 p. (INPE-6147-PUD/029).

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.

Trabalho enviado em 07/06/2014

Trabalho aceito em 12/07/2014