

## Quantificação de áreas queimadas em unidades de conservação de Minas Gerais através do processamento de imagens TM Landsat 5.

Allan Arantes Pereira<sup>1,4</sup>  
Fabiano Morelli<sup>2</sup>  
Luis Marcelo Tavares de Carvalho<sup>3</sup>  
José Aldo Pereira<sup>3</sup>  
Adauta Oliveira Braga<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup> Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais,  
Caixa Postal 3037, 37.200-000 – Lavras, Minas Gerais, Brasil.  
e-mail: allan.pereira@meioambiente.mg.gov.br ; passarinho@ufla.br ; jaldo@ufla.br.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro Espacial de Cachoeira Paulista.  
Rodovia Presidente Dutra, Km 40, SP-RJ, Caixa Postal 12630-000 –  
Cachoeira Paulista, SP - Brasil].  
e-mail: fabiano.morelli@cptec.inpe.br

<sup>4</sup> Instituto Estadual de Florestas, Gerência de Prevenção e Combate à Incêndios Florestais  
e Gerencia de Monitoramento e Geoprocessamento, Rua Espírito Santo nº 495 Centro,  
CEP 30.160.030 Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.  
e-mail: adauta.braga@meioambiente.mg.gov.br

**Abstract:** The objective of this work was to quantify burned areas within two conservation unities of sustainable use in the North of Minas Gerais, Brazil. The environmental protection areas APA Gibão and Cochá, and APA Pandeiros cover an area of 284.618ha and 210.000ha, respectively. Vegetation types in the area are mainly cerrado, veredas and deciduous forests. Burned area polygons were extracted by digital processing of Landsat TM images followed by visual interpretation. Images from September 1<sup>st</sup>, 2007 and October 3<sup>rd</sup>, 2007 were used for the analysis. NDVI were generated for each temporal image and NDVI difference images were calculated. Classification of burned areas was performed using ISODATA algorithm followed by visual interpretation. The results showed the potential of medium spatial resolution images for segmenting burn scars.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, forest fire, sensoriamento remoto, processamento de imagens, incêndios florestais.

### 1. Introdução:

Minas Gerais possui valiosas Unidades de Conservação ambiental e uma crescente necessidade de eliminar o risco de incêndios nestas áreas. O efetivo controle das fontes de risco, requer o conhecimento de como essas operam localmente, quando e onde os incêndios ocorrem mais comumente. Estas informações estão vinculadas a um registro individual da ocorrência e este registro é a principal fonte de toda a estatística a respeito dos incêndios. Os dados mais frequentes para programas de prevenção são: As causas dos incêndios que ocorrem; a época e o local de ocorrência; e a extensão da área queimada.

A definição das áreas de maior ocorrência de incêndios florestais depende prioritariamente de informações dos locais de onde ocorrem os incêndios e a extensão da área atingida por um incêndio é útil para uma avaliação da eficiência do combate utilizado. Porém não se pode balizar apenas na extensão da área para a avaliação da eficiência do combate, pois as condições climáticas e condições de combustibilidade e inflamabilidade do material combustível são variáveis que tem grande peso na propagação dos incêndios florestais.

Com a definição das áreas mais críticas pode-se nortear ações preventivas e de fiscalização dentro e no entorno das unidades de conservação, porém poucas são as unidades

de conservação que possuem históricos de queimadas georreferenciado, o que dificulta a definição de áreas com maior incidência de incêndios florestais. Outra questão em se considerar quanto ao georreferenciamento da área é a análise de locais onde está há muitos anos sem pegar fogo e com acúmulo de material combustível, sendo áreas de maior risco de propagação do fogo.

Além disso, um conhecimento inadequado da localização do incêndio e extensão da área queimada prejudica a estimativa do impacto do fogo sobre o ambiente. Portanto, os métodos de detecção das cicatrizes de queimadas são fundamentais para resgate do histórico de áreas queimadas, bem como para o dimensionamento dos efeitos produzidos pelo fogo sobre o ambiente.

A grande dificuldade na utilização de imagens de média resolução espacial na quantificação de áreas queimadas está na presença de nuvens nas imagens e devido a baixa frequência temporal. Já imagens de alta frequência temporal geralmente têm uma baixa resolução espacial e recomenda-se a utilização das imagens de média ou alta resolução para validação de seus dados, Boschetti et al (2004). Isto evidencia a importância do gerente da unidade de conservação em georreferenciar a área queimada com auxílio de um GPS de mão.

Entretanto em se tratando de unidades de conservação de uso sustentável como no caso de Áreas de Proteção Ambiental (APAs), geralmente relaciona-se a áreas extensas e de difícil acesso. Em alguns casos chega-se a utilizar aeronaves para medir essas áreas, porém essa operação torna-se onerosa. Então a avaliação da disponibilidade de imagens do local logo após a ocorrência da queimada diminui o custo dessa operação uma vez que imagens de média resolução espacial podem ser adquiridas pelo catálogo de imagens do INPE através de seu site sem custo algum.

Objetivo desse trabalho é quantificar as áreas queimadas nas APAs Gibão Cochá e APA Pandeiros através do processamento de imagens TM LandSat5 no período onde houve maior ocorrência de focos de calor nessas unidades de conservação no ano de 2007.

## **2. Materiais e Métodos:**

### **2.1. Área de estudo:**

Para a realização desse trabalho foram escolhidas duas unidades de conservação da categoria de uso sustentável. Segundo o SNUC (2000). As Áreas de Proteção Ambiental (APAs) trata-se de áreas extensas com características bióticas e abióticas de relevante importância para a qualidade de vida das populações humanas, e tem por objetivo disciplinar a ocupação bem como o uso da terra com o objetivo de assegurar a sustentabilidade dos recursos naturais. As APAs desse estudo são estão inseridas nas microbacias dos rios Gibão, Cochá e Pandeiros sendo todos afluentes do rio São Francisco.

As APAs Gibão Cochá e Pandeiros são unidades de conservação com características que se encaixam no contexto do monitoramento orbital com áreas de grande extensão territorial (284.618 e 210.000 ha respectivamente) e difícil acesso. A localização da área é no extremo norte do estado de Minas Gerais ao leste do rio São Francisco, IGA (2006), abrangendo os municípios de Januária e Bonito de Minas. A Figura 1 mostra a localização da área de estudo.



Figura 1: Área de estudo.

O clima das APAs é classificado segundo Wilhen Koeppen (1936) como clima tropical chuvoso - Awiq, onde a temperatura de todos os meses é superior a 18°C, e a chuva anual é superior a 750mm, periódica e com seca acentuada no inverno. Apresenta, ainda, diferença entre as temperaturas médias mensais extremas, com números inferiores a 5°C.

De acordo com a classificação de VAREJAO-SILVA et. all (1981), o clima predominante na estação de Januária é o semi-árido - SA. As limitações hídricas nesse tipo climático, em termos de quantidade de precipitação, não são tão sérias quanto às verificadas no clima árido. O fator limitante prende-se, principalmente, à distribuição da precipitação no período chuvoso.

A região onde está localizada a área de estudo é considerada uma área de transição entre os biomas da Caatinga e Cerrado, com predomínio do Cerrado e suas variações. Áreas de corpos d'água permanentes e temporários apresentam uma composição florística típica e rica em espécies aquáticas, IGA (2006).

Segundo o mapeamento da cobertura vegetal de Minas Gerais, Carvalho e Scolforo (2007), a área de estudo tem ocorrência de cerrado típico, campo, campo cerrado, floresta decidual, floresta semidecidual e veredas. A Figura 2 ilustra algumas das fisionomias vegetais presente na área



Figura 2: Área com campo e vereda ao fundo (a) e área de cerrado sensu stricto (b).

## 2.2. Período do estudo e das imagens TM.

A escolha do período desse trabalho levou em consideração a época de maior ocorrência de focos de calor no ano de 2007, avaliado a partir da série histórica dos focos de calor fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os focos de calor utilizados para essa análise são provenientes de sensores a bordo dos satélites da série NOAA, TERRA e AQUA, GOES E METEOSAT. Levou-se em consideração também, a disponibilidade de imagens TM da área sem nuvens.

A Figura 3 mostra a distribuição de frequência dos focos de calor ao longo do ano de 2007 nas duas Áreas de Proteção Ambiental. Setembro foi o mês com maior ocorrência sendo registrados 472 focos de calor.

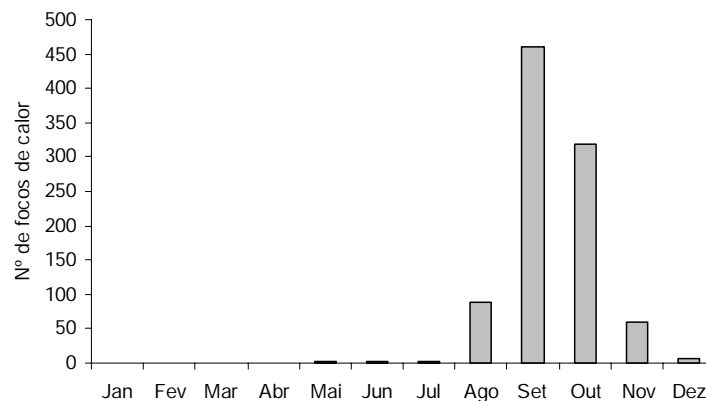


Figura 3: Distribuição mensal dos focos de calor na área de estudo no ano de 2007.

A data das imagens TM LandSat5 são de 01/09/2007 (considerada esse estudo como T1) e 03/10/2007 (considerada como T2), sendo que as imagens possuem 0% de cobertura de nuvens. A órbita/ponto das imagens são 219/71 e 219/70. Portanto foram utilizadas quatro imagens para esse trabalho e as imagens representavam duas épocas. Tanto as imagens como os focos de calor foram adquiridos através do site do INPE.

As aplicações dos satélites LandSat são bastante amplas sendo utilizados na avaliação das mudanças globais como por exemplo no monitoramento dos recursos florestais, suas principais aplicações estão na detecção de desmatamentos e queimadas, acompanhamento de uso do solo, monitoramento de áreas de preservação etc. As imagens LandSat5 TM possuem resolução espacial de 30 metros com exceção da banda 6 (banda termal), com 120m e uma frequência temporal de 16 dias, Liu (2007).

## 2.3. Quantificação das áreas queimadas.

Para a obtenção das áreas queimadas realizou-se a classificação das imagens objetivando a classe de interesse. Antes da classificação foi feita o processamento das imagens que consistiu em gerar o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) através das imagens TM antes e depois das queimadas (T1 e T2 respectivamente).

O NDVI é amplamente utilizado na avaliação sazonal da vegetação, Ponzoni (2007). Silveira et al (2008) utilizou o NDVI para o mapeamento da região de Januária, Minas Gerais e concluiu que entre os índices testado o NDVI apresentou melhores resultados para captar as variações sazonais da vegetação na área de estudo em questão.

O índice de vegetação NDVI é obtido através da normalização da razão entre a refletância do infravermelho próximo menos a refletância do infravermelho e a refletância do

infravermelho próximo mais a refletância do infravermelho, para um intervalo de -1 a 1 , Rouse et al (1973). O índice NDVI é representado pela seguinte formula (Equação 1):

$$NDVI = (NIR - VIS)/(NIR + VIS) \text{ onde ;} \quad (1)$$

*NDVI= Índice de normalização da diferença da vegetação.*

*NIR= refletância no infravermelho próximo, banda 4 do sensor TM 0,76 – 0,90 μm.*

*VIS = refletância no infravermelho, banda 3 do sensor TM 0,63 – 0,69 μm.*

Feito o NDVI, as imagens foram comparadas pixel a pixel por subtração dos valores de NDVI, gerando uma imagem diferença (Figura 4c). Nesta imagem, os valores próximos de zero indicam áreas onde não ocorreram mudanças na cobertura da terra. Valores positivos indicam áreas onde houve diminuição da cobertura vegetal e valores negativos indicam áreas onde houve um crescimento expressivo da cobertura vegetal (Carvalho 2008). A Figura 4 ilustra o NDVI T1, o NDVI T2 e a imagem diferença dos valores do NDVI de T1 e T2.

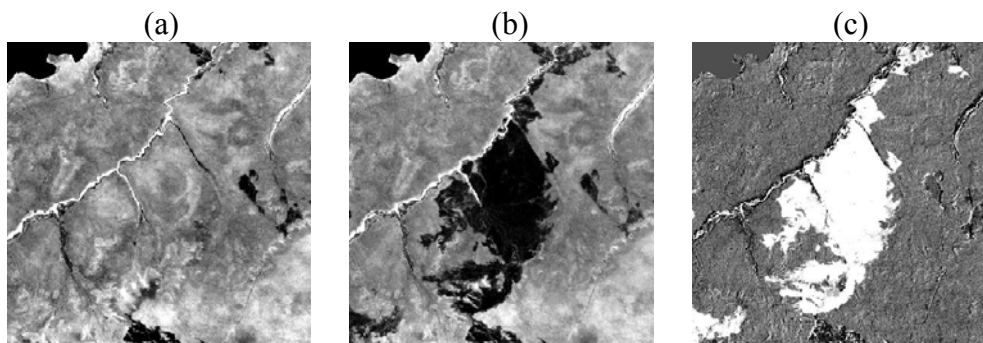


Figura 4: Imagens NDVI T1(a), T2 (b) e imagem diferença (c).

A partir da imagem diferença foi realizada a classificação não supervisionada através do algoritmo ISODATA que se baseia na análise de agrupamentos onde são identificados no espaço de atributos os clusters formados por pixels de características similares.

Com o resultado da classificação foram realizados pós-processamentos de classificação como análise de maioria minoria, combinar classes semelhantes e posteriormente foram corrigidos os possíveis erros através de uma minuciosa interpretação visual. Com isso foi possível gerar polígonos de áreas queimadas através das imagens TM LandSat5 como pode-se observar na Figura 5.

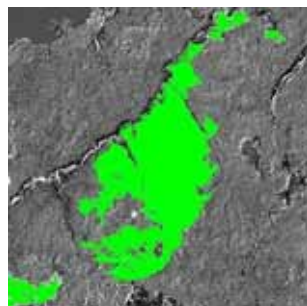


Figura 5: Polígono da cicatriz de área queimada.

A metodologia desse trabalho, para a obtenção dos polígonos das cicatrizes de áreas queimadas, pode ser verificada na Figura 6 que representa o diagrama de fluxo do processamento:

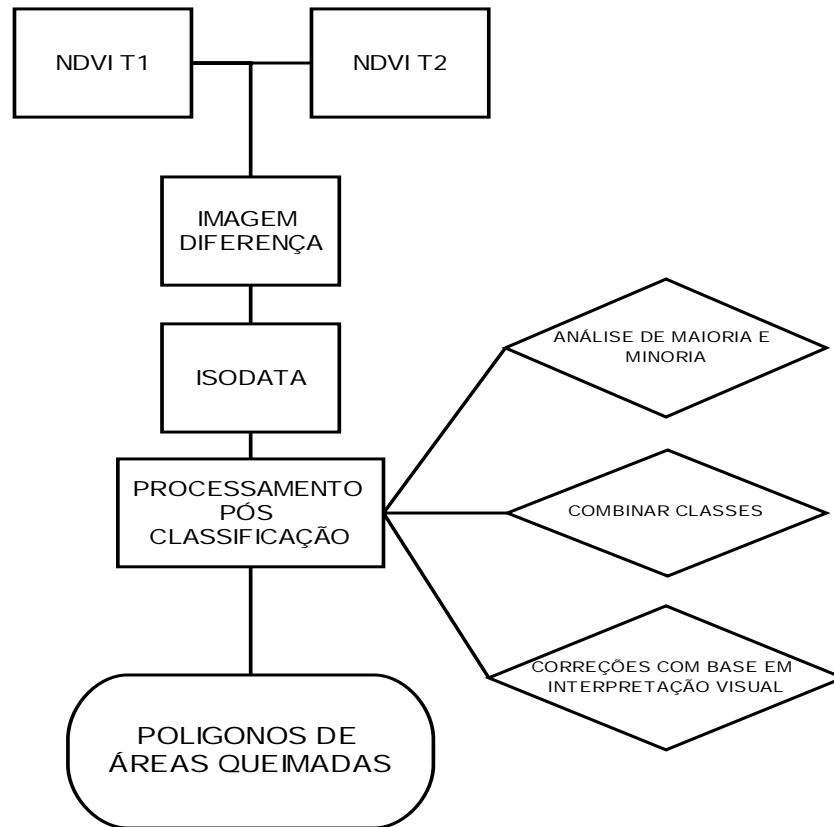


Figura 6: Diagrama do fluxo de processamento das imagens para a obtenção das áreas queimadas

### 3. Resultados e Discussão:

Os resultados dos polígonos das queimadas nas unidades de conservação APA Pandeiros e APA Gibão Cochá podem ser observados através da figura 7 que possibilita avaliar visualmente as concentrações das grandes e das pequenas queimadas.

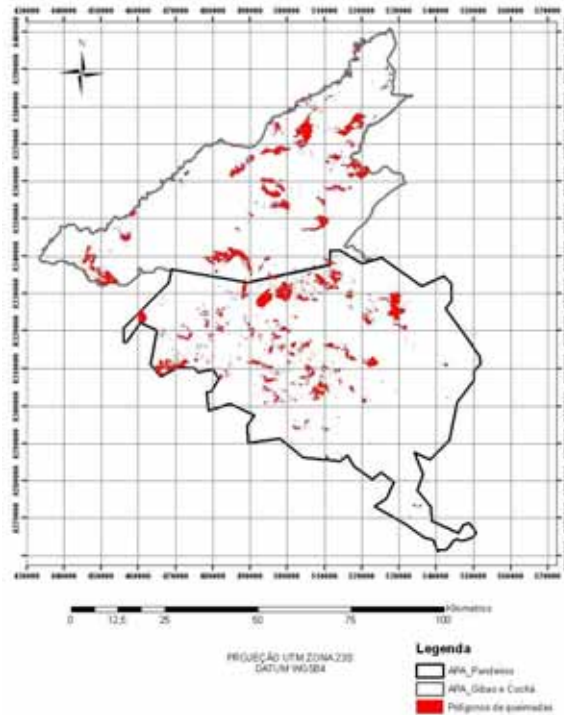


Figura 7: Polígonos classificados como cicatrizes de queimadas nas unidades de conservação APA Pandeiros e APA Gibão Cochá durante o período de 1º de setembro a 3 de outubro de 2007.

Segundo a classificação realizada nesse trabalho e, considerados apenas polígonos de cicatriz de queimadas acima de 2 ha, foram contabilizando um total de 478 polígonos. A média dos polígonos de áreas queimadas é de 81,30 ha e a maior queimada corresponde a 2.476,53 ha. O Total de área queimada durante o período desse estudo foi de 38.864,17 ha.

As queimadas foram divididas em classes de tamanho com a finalidade de avaliar os pequenos, médios e grandes queimadas na área. A partir do gráfico da Figura 8 o histograma de frequência das queimadas por classes de tamanhos em hectares.

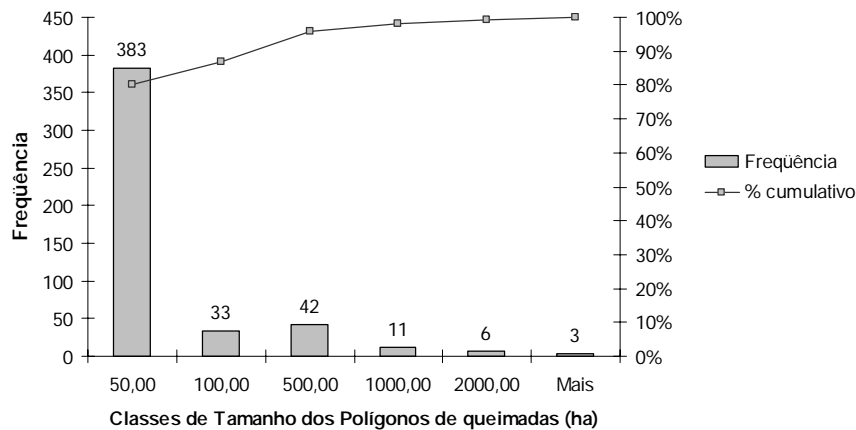


Figura 8: Histograma de frequência dos polígonos de áreas queimadas por classes de tamanho em hectares.

Se considerarmos as queimadas de 50 ha de pequenas proporções e que queimadas de 50 a 500 ha são de média proporção e acima de 500 ha de grandes proporções, podemos dizer que nas duas APAs e durante o período desse estudo tivemos 80,12% de pequenas queimadas, 15,69% de queimadas de média proporção e 4,18% de grandes queimadas.

As queimadas consideradas pequenas, na sua grande maioria são queimadas controladas realizadas como técnicas de preparo do solo para fins agrícolas ou pastoris.

Apesar das queimadas de grande proporção ser menos representativa em termos de porcentagem de ocorrência, são as queimadas que mais representam danos ao meio ambiente devido suas grandes extensões.

#### 4. CONCLUSÃO:

A metodologia utilizada para esse trabalho visou a quantificação de áreas queimadas em duas unidades de conservação de grande extensão e difícil acesso. As imagens TM LandSat5 são de grande utilidade pra esse tipo de análise, uma vez que são imagens disponíveis sem custo e de resolução espacial satisfatória para esses estudos.

Conclui-se então que o processamento de imagens TM LandSat5 possibilita a quantificação das queimadas em áreas extensas e de difícil acesso desde que haja a disponibilidades dessas imagens sem a presença de nuvens. Os resultados desse trabalho servem de subsídios para ações de fiscalização e prevenção dos incêndios florestais em Unidades de Conservação.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

BRASIL 2000,. Lei 9. 985, de 18 de julho de 2000, **Sistema Nacional de Unidades de Conservação** art. 15–SNUC. Brasília , 2000.

Boschetti, L.; Eva, H. D.; Brivio., P.A.; Grégoire, J.M.; Lessons to be learned from the comparison of three satellite-derived biomass burnings products. In: Setzer, A.; Morelli, F.; Lombardi, R. R.; (Org.). **O sensor MODIS e suas aplicações no Brasil**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. cap. 28, p.403-417.

Carvalho, L. M. T.; Scolforo, J. R. S. **Inventário Florestal de Minas Gerais: Monitoramento da Flora Nativa 2005-2007**. Lavras: Editora UFLA. 318 p. 2008.

Carvalho, L, M, T.; Acerbi-Júnior, F. W. ; Silveira, E. M. O.; Pereira, A. A.; Oliveira, T. C., **Sensoriamento remoto multi-sensor no programa de Monitoramento Ambiental do Estado de Minas Gerais**. In.: Seminário De Atualização Em Sensoriamento Remoto E Sistemas De Informações Geográficas Aplicado A Engenharia Florestal, 8. 2008 [Cdrom].

Instituto De Geociência Aplicada; **Áreas De Proteção Ambiental no estado de Minas Gerais: Demarcação e Estudos para o Pré-Zoneamento Ecológico**; APA BACIA DO RIO PANDEIROS; Belo Horizonte 2006

Liu, Willian Tse Horg - **Aplicações de sensoriamento remoto** – Campo Grande, Ed. UNIDERP, 2006. 908p ISBN 85-7704-040-0.

Ponzone, F. J. ; Shimabukuro, Yosio Edemir . **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação**. 1. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2007. v. 1. 135 p.

Rouse, J.W. et al. **Monitoring Vegetation Systems in the great plains with ERTS**. IN.: NASA ERTS SYMPOSIUM. V. 3 1973 p. 309 – 17.

Silveira, E. M. O.; Carvalho, L, M, T.; Acerbi-Júnior, F. W.; Mello, J.M., 2008. **Multiscale feature extraction of MODIS multitemporal vegetationindex using wavelets**. IN.: Seminário De Atualização Em Sensoriamento Remoto E Sistemas De Informações Geográficas Aplicado A Engenharia Florestal, 8. 2008 [CDROM].