

Deteção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto.

Gustavo Antomar Batista Gontijo¹
Allan Arantes Pereira^{1,2}
Everton Daniel Silva de Oliveira¹
Fausto Weimar Acerbi Júnior¹

¹ Universidade Federal de Lavras - UFLA - Departamento de Ciências Florestais – Caixa Postal 3037, 37.200-000 – Lavras, Minas Gerais, Brasil.
e-mail: gustavoantomar@yahoo.com.br; fausto@ufla.br; Everton_627@hotmail.com.

² Instituto Estadual de Florestas, Gerência de Prevenção e Combate à Incêndios Florestais e Gerência de Monitoramento e Geoprocessamento, Caixa Postal 3037, 37.200-000 – Lavras, Minas Gerais, Brasil.
e-mail: Allan.pereira@meioambiente.mg.gov.br

ABSTRACT

Burning is one of the biggest threatens practice to forests and ecosystems in general throughout the world. A crucial strategy for creating prevention plans and mitigation measures is the knowledge of when, how and where fires happen. There are several programs that use hot spots captured by the thermal band of polar and geostationary satellites to detect fires. Even though promising, the use of remote sensing products for this purpose, require studies to provide a more automated and reliable methodology in the process. In this context, this study proposes to make a validation of hotspots in the detection of fires in two Landsat 5 scenes, Thematic Mapper sensor.

Key word: Remote Sensing, Monitoring, burning, Hot spots

1. Introdução

O Brasil, a algum tempo, tem sido alvo periódico de críticas de organizações conservacionistas e mesmo instituições governamentais de outros países, com relação à falta de proteção de suas florestas contra o fogo. É comum se ouvir, ver e ler notícias informando da existência de milhares de focos de incêndios no país, principalmente durante a estação mais crítica, geralmente de julho a outubro. No entanto, quando se pergunta o número de incêndios e a superfície queimada anualmente no país ninguém é capaz de informar, pela simples razão de não haver estatísticas confiáveis sobre ocorrências de incêndios florestais no país. (Soares R. V. et. al. 2005)

O conhecimento das causas e da frequência dos incêndios florestais é de extrema importância, principalmente levando-se em consideração que o ponto de partida para a elaboração dos planos de prevenção é saber quem (ou o que) iniciou o fogo (Santos, 2004).

A rapidez e a eficiência na detecção e monitoramento dos incêndios florestais são fundamentais para a viabilização do controle do fogo. Interferem na redução dos custos nas operações de combate e atenuação dos danos. Além disso, um conhecimento inadequado da localização do incêndio e extensão da área queimada prejudica a estimativa do impacto do fogo sobre o ambiente. (Batista A. C. 2004)

Neste âmbito, O INPE desde a década de 1980 vem aprimorando um sistema de detecção de queimadas a partir de imagens de sensores a bordo de satélites polares e geoestacionários. São os chamados "focos de calor", que são pontos geográficos captados por sensores espaciais na superfície do solo, quando detectado temperatura acima de 47 °C e área mínima de 900 m².

Atualmente, as informações são disponibilizadas operacionalmente aos usuários cerca de 20 minutos após as passagens dos satélites. Todo o País e grande parte da América do Sul são cobertos pelas imagens, pois utiliza-se recepções das estações do INPE em Cachoeira Paulista, SP e de Cuiabá, MT (CPTEC/INPE, 2004).

Estes dados são utilizados em programas como o do IEF/MG, chamado previncêndio, o trabalho consiste no cruzamento dos focos de calor disponibilizados pelo INPE, com informações presentes na base de dados georreferenciados do IEF. Nessa fase é que entra em ação o Sistema de Alerta e Risco de Incêndios Florestais. Após a definição de níveis gradativos de alerta, e se o incêndio for confirmado, as brigadas de combate, os escritórios regionais e os núcleos operacionais do IEF são acionados para fazerem uma avaliação de campo. (www.ief.mg.gov.br).

Outro programa que utiliza este produto do Sensoriamento Remoto, é o Amazônia.vc. Desenvolvido pela Rede Globo, os focos de calor são plotados em um mapa interativo, onde a sociedade civil pode protestar e pressionar para que medidas sejam tomadas contra a devastação da Amazônia. (www.globoamazonia.com).

Porém, nem tudo que é foco de calor é incêndio, e nem todo incêndio é detectado pelos sensores. Portanto é importante promover trabalhos de validação desses produtos que possibilitem o aperfeiçoamento tecnológico do monitoramento das queimadas.

Assim, este trabalho propõe validar e entender a relação dos focos de calor obtidos pelo INPE e queimadas realmente ocorridas, detectadas em duas cenas do satélite Landsat 5 sensor TM+.

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar os focos de calor disponibilizados pelo INPE, em relação à detecção, omissão, comissão, considerando as distâncias destes focos com as cicatrizes de queimadas, baseado nas resoluções espaciais dos sensores utilizados na obtenção destes focos.

2. Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

Para a realização desse trabalho foram escolhidas duas imagens do satélite Landsat 5, instrumento TM (Thematic Mapper). Ambas da órbita 219, pontos 070 e 071. Estas imagens são do norte de Minas Gerais e do sul da Bahia, incluídas na Bacia do Rio São Francisco. Abrangem os municípios de Januária, São Francisco, Brasília de Minas, Cônego Marinho, Bonito de Minas, Manga e Montalvânia em Minas Gerais e parte dos municípios de Cocos, Coribe, Feira da Mata e Carinhanha na Bahia. A Figura 1 mostra a localização da área de estudo.



Figura 1: Área de estudo.

O clima da área de estudo é classificado segundo Wilhen Koeppen (1936 apud Pereira, 2009, p. 6047) 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.

2.2 Focos de calor

Os Focos de calor foram obtidos através do site do INPE (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>). O período dos focos é de 03/09/2008 a 05/10/2008 e compreende o mesmo espaço de tempo entre as imagens utilizadas no estudo.

Estes dados são gerados a partir de imagens de sensores a bordo dos satélites polares da série NOAA, EOS (TERRA e AQUA) e os satélites geostacionários GOES E METEOSAT.

Os satélites de órbitas polares se deslocam em sentido norte-sul e tem menor distância da terra, já os satélites geostacionários estão em órbita equatorial geostacionária e tem seu ponto de observação mais distante da terra. (Liu, 2007).

As características espectrais do canal termal, espaciais, temporais e orbitais de cada satélite são apresentadas na tabela 1.

TABELA 1 Características orbitais, espaciais*, temporais e canal termal dos satélites utilizados neste trabalho.

Satélites	Órbita	Resolução espacial* (km)	Frequência temporal	Canal termal
AQUA/TERRA	Polar	1 x 1	2x2/dia	20 (3,66-3,84um)
NOAAs	Polar	1,1 x 1,1	2x2/dia	3 (3,55-3,93um)
GOES	Geoestacionária	4 x 4	96x/dia	2 (3,8-4um)
METEOSAT	Geoestacionária	3 x 3	96x/dia	4 (3,48-4,36um)

*resolução espacial no canal termal

2.3 Imagens LandSat

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).

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.

Todos estes fatores, mais a sua disponibilidade gratuita no site do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>), possibilitaram condições ideais na utilização das imagens providas deste satélite para este estudo.

Foram utilizadas imagens com 0% de cobertura com nuvens e a órbita/ponto e data das imagens são citadas na tabela 2.

TABELA 2 Órbita/ponto e data das imagens TM utilizadas neste trabalho.

Órbita/Ponto	Data das imagens
219/70	03/09/2008
219/71	03/09/2008
219/70	05/10/2008
219/71	05/10/2008

A escolha do período desse trabalho levou em consideração a época de maior ocorrência de queimadas no ano de 2008, analisando a série de foco de calor disponibilizada no site INPE e a disponibilidade de imagens LandSat.

3. Metodologia

3.1 Pré processamento (registro, base geocover), correção radiométrica, mosaico, NDVI, imagem diferença, detecção semiautomática.

As imagens foram georreferenciadas utilizando-se o método de coleta de pontos de controle terrestres tendo como base uma *imagem Geocover* (NASA, 2001). A fim de converter os valores digitais brutos (número digital DN) das imagens Landsat para reflectância aparente, efetuou-se a correção radiométrica utilizando-se as relações propostas por Markham & Barker (1987).

Foi gerada a imagem NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada) a fim de utilizá-las para o mapeamento das queimadas. A escolha deste índice se deu devido a ser amplamente utilizado e também por sua simplicidade computacional e comprovada sensibilidade aos processos de modificação de cobertura vegetal (Carvalho, 2008). (Figura 2a e 2b).

Logo após, uma imagem diferença entre os índices das duas imagens foi gerada a fim de enfatizar mudanças ocorridas na vegetação (Figura 2c). Na imagem diferença, valores próximos de zero indicam áreas onde não ocorreram mudanças na cobertura vegetal. Valores positivos indicam áreas onde houve diminuição de cobertura vegetal e valores negativos indicam áreas onde houve crescimento expressivo da cobertura vegetal no período em consideração (Carvalho, 2008). Foi realizada uma comparação entre as imagens, analisando a imagem mais recente e comparando-a com a imagem mais antiga.

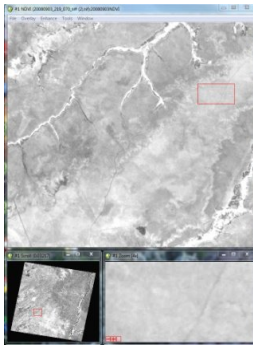


FIGURA 2a

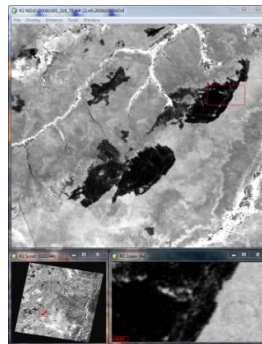


FIGURA 2b

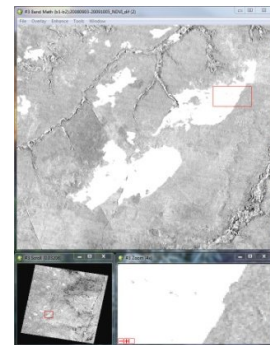


FIGURA 2c

Figura 2: **2a** NDVI da imagem de Setembro DIA 03/09/2008, **2b** NDVI da imagem de Outubro DIA 05/10/2008, **2c** NDVI diferença.

3.2 Mapeamento das cicatrizes de queimadas.

Após a comparação visual entre as imagens NDVI e imagem diferença, foram demarcadas via regiões de interesse (ROI) as áreas realmente queimadas, a partir das cicatrizes deixadas pelo fogo, na imagem diferença. A ferramenta crescimento de região foi utilizada para obter um melhor delineamento da região de interesse. Este método se baseia na similaridade dos pixels demarcados inicialmente ("pixel semente"), com seus vizinhos. Então o crescimento é realizado automaticamente, porém a intensidade do crescimento é supervisionada.

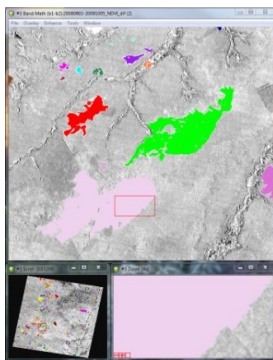


FIGURA 3: Segmentação das cicatrizes de queimadas.

Devemos considerar que a resolução espacial em questão é considerando o pixel no nadir das imagens. A distorção espacial no canto das imagens pode chegar até quatro vezes a o tamanho de um pixel.

3.3 Análise da detecção, omissão e comissão dos focos em relação às cicatrizes mapeadas.

Para atender o objetivo proposto, consideramos as seguintes situações:

1. Detecção das queimadas por focos de calor dentro das cicatrizes de queimada;
2. Detecção das queimadas por focos de calor, considerando a distância do foco até a cicatriz, a representação de um pixel.
3. Detecção das queimadas por focos de calor, considerando a distância do foco até a cicatriz, o deslocamento de até um pixel.
4. Existência de foco de calor sem presença de cicatriz de queimada;
5. Existência de cicatriz de queimada sem foco de calor.

4. Resultados

4.1 Resultados das cicatrizes de queimadas mapeadas (quantas foram mapeadas, classe de tamanho)

Foram mapeadas um total de 1359 cicatrizes de queimadas, todas maiores que 1 hectare, das quais, 486 foram detectadas por alguma das situações descritas na metodologia. Os polígonos foram divididos por classes de tamanho para melhor análise. A figura a seguir mostra a distribuição dos polígonos por classe de tamanho (Figura 4).

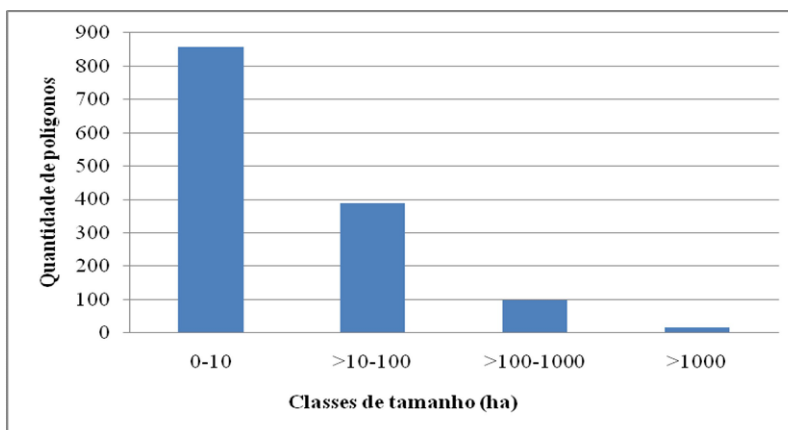


Figura 4: Gráfico da quantidade de polígonos de queimadas por classe de tamanho

4.2 Resultados dos casos de detecção, comissão e omissão considerando as situações descritas na metodologia).

4.2.1 Acertos dos focos de calor quanto a detecção das queimadas.

Tabela 3: Acertos dos focos de calor quanto a detecção das queimadas

Análise	Nº de Focos	% acerto	% acerto acumulada
• Focos dentro da cicatriz de queimada.	334	24,61	24,61
• Considerando a distância do foco até a cicatriz, a representação de um pixel.	399	29,40	54,01
• Considerando a distância do foco até a cicatriz, o deslocamento de até um pixel.	305	22,47	76,49
TOTAL	1357	-	-

4.2.3 Casos de comissão (presença de focos sem cicatrizes) considerando as situações descritas na metodologia.

Tabela 4: Casos de comissão (presença de focos sem cicatrizes) considerando as situações descritas na metodologia.

Análise	Nº de Focos	Casos de Comissão	% comissão
• Focos dentro da cicatriz de queimada.	334	1023	75,39
• Considerando a distância do foco até a cicatriz, a representação de um pixel.	399	624	45,98
• Considerando a distância do foco até a cicatriz, o deslocamento de até um pixel.	305	319	23,51
TOTAL	1357	-	-

A tabela acima mostra de forma acumulativa a porcentagem de comissão.

4.2.3 Casos de omissão na detecção das queimadas, considerando as situações descritas na metodologia.

Tabela 5: Casos de omissão na detecção das queimadas, considerando as situações descritas na metodologia.

Análise (acumulado)	Nº de cicatrizes	Soma das áreas das cicatrizes (ha)	% detecção das cicatrizes	% detecção das somas de áreas
• Focos dentro da cicatriz de queimada.	76	53035,53	15,63	79,89
• Considerando a distância do foco até a cicatriz, a representação de um pixel.	221	60733,36	45,47	91,49
• Considerando a distância do foco até a cicatriz, o deslocamento de até um pixel.	486	66383,63	100	100
• Cicatrizes de queimadas sem nenhuma das situações anteriores.	873	14124,03		
TOTAL	1359	80507,93	-	-

A área total queimada entre o período de estudo foi de 80507,93 ha e do total de 1359 cicatrizes analisados, apenas 486 foram detectados, ou com o foco de calor dentro do polígono, ou com alguma das duas formas de interseção. Os 873 polígonos restantes não foram detectados, provavelmente por ter dimensão pequena, pelo recobrimento do céu com nuvens ou rápida combustão do material no solo. Porém, esta parcela de polígonos que de alguma forma foram detectados pelos focos de calor, somam 66.383,63 ha, ou seja, 82,45% de toda área queimada foi detectada pelos sensores. O gráfico a seguir mostra a distribuição da área queimada pelas classes de tamanho.

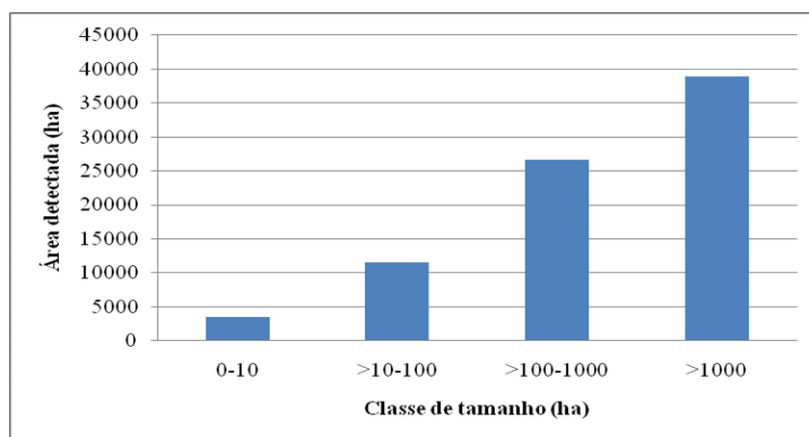


Figura 5: Gráfico da área queimada por classe de tamanho

Assim como em (Pereira A. A. 2009) este trabalho comprova que apesar de baixa frequência das queimadas de maior dimensão, estas são responsáveis por grande parte da área queimada total. No caso deste estudo, 81,43% correspondem às classes de tamanho >100 a 1000 ha e >1000 ha. E estas também são mais facilmente detectadas, pois dos 17 polígonos acima de 1000 ha, 100% foram detectados pelo menos por um foco de calor. 75,26% das queimadas entre 100 ha e 1000 ha foram detectadas e contra partida, apenas 29,28% das queimadas até 10 ha interceptaram com algum foco de calor.

CONCLUSÕES

Considerando o deslocamento do foco em até um pixel, 76, 49% das cicatrizes de queimadas contem focos de calor. Ao analisarmos apenas os focos pontualmente, este valor cai para 24,61%.

Apesar de poucas cicatrizes de queimadas detectadas, cerca de 35,8%, estas representam 82,45% do total de áreas mapeadas. Isto indica que muitas das cicatrizes pequenas foram omitidas e que a maioria detectada, são grandes áreas.

Queimadas de grande dimensão são facilmente detectadas, porém, mais estudos são necessários para entender os motivos pelos quais 24,74% das queimadas maiores que 100 até 1000

hectares não foram detectados pelos focos de calor. Sugere-se estudos complementares analisando estas áreas queimadas quanto a vegetação afetada a fim de analisar se está interfere na detecção.

REFERÊNCIAS

Batista, A. C. **Deteção de incêndios florestais por satélite.** Floresta 34 (2), Mai/Ago, 2004, 237-241, Curitiba, Pr

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

Lima, F. M. O.; Paranhos, A. C. F. **Contribuição a Análise dos Focos de Calor no Estado de Mato Grosso do Sul: Um Estudo de Caso de Carvoarias e Incêndios em Vegetação.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do Mato Grosso do Sul, p.20. 2007

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

MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L. **Radiometric properties of U.S. processes Landsat MSS data.** Remote Sensing of Environment, v.17, p.39-71, 1987.

NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) – Disponível em: <http://https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>. Acessado em 28 de Outubro de 2010.

PEREIRA A. A. **Uso de geotecnologia para detecção e análise de queimadas e focos de calor em unidades de conservação no norte de Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

Santos, J. F. **Estatística de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002.** Dissertação de Mestrado, UFPR, Curitiba, 2004

SOARES, R. V. ; BATISTA, Antonio Carlos ; SANTOS, J. F. **Evolução do perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas no Brasil, de 1983 a 2002..** In: II Seminário de Atualidades em Proteção Florestal., 2005, Blumenau, SC. Anais do II Seminário de Atualidades em Proteção Florestal.. Curitiba : UFPR/FURB/FUPEF, 2005. v. 1. p. 1-10.