

Elaboração de algoritmo para identificação operacional de cicatrizes de queimadas a partir de imagens de satélite

Marcos Antônio Neris Coutinho ¹

Ana Clara Gonçalves Fernandes ¹

Cristina Rodrigues Nascimento ²

¹ Graduandos do curso Eng^o Agrícola e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais -

Instituto de Ciências Agrárias UFMG/ICA

Av. universitária, Bairro universitário nº1000, CEP:39.404-006 – Montes Claros/MG.

E-mail: marcos_eafsal@hotmail.com, fernandes.anaclara@yahoo.com.br

²Profa. Dra. Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Ciências Agrárias –

UFMG/ICA

crisrodnas@gmail.com

Abstract. The aim of this study was to characterize the spectral response pattern of burned scars and the average temperature of the soil's surface in these areas and develop an algorithm capable of recognize this information and make the automatic identification of burned scars. For this we used the Burning index by Normalized Ratio (NDBR) as reference in order to test and analyze the results obtained by the algorithm developed. As expected the NDBR identified satisfactorily fire areas. Since this index works with the bands 4 and 7 of the TM, it is less sensitive to effects of distortions relating to the atmosphere, which increases accuracy and reduces false positive identification. The algorithm developed showed good performance, identifying the scars with greater rigor. The intersection of information about temperature and reflectance of the soil's surface in the areas that suffered burned inferred, in a positive way, the accuracy of the algorithm developed for the identification of these areas, showing a slightly smaller than the result obtained with the NBR. New studies should be encouraged in order to establish regional patterns of spectral response for these burned areas, increasing the level of confidence of the methods used for identification and quantification of outbreaks of fire.

Palavras-chave: Remote Sensing, Image Processing, Vegetation Index, Sensoriamento Remoto, Processamento de Imagens, Índices de Vegetação.

Introdução

O fogo é uma ferramenta utilizada há muitos anos na agricultura brasileira, auxiliando na abertura e limpeza de áreas agricultáveis, renovação de pastagens e na colheita de algumas culturas como, por exemplo, a cana de açúcar. Apesar de ser uma prática danosa ao meio ambiente, à fauna microbiana do solo, às espécies que vivem no local e de trazer danos à saúde humana, o fogo até hoje é amplamente utilizados para esses fins. A maioria dos focos de incêndio identificados no país é provinda do mau uso do fogo, por isso, é de grande importância o desenvolvimento de métodos de identificação e quantificação de áreas queimadas.

Em função dos impactos causados pelas queimadas, citados anteriormente, existe a necessidade de aprofundar os conhecimentos sobre este fenômeno, a fim de aperfeiçoar o seu monitoramento. A geração de bancos de dados através de informações obtidas por satélites têm sido de grande importância no estudo e compreensão dos variados fenômenos que ocorrem na superfície. Os diversos sensores, com resoluções espaciais e temporais variados, disponíveis atualmente, possibilitam o desenvolvimento de técnicas para detecção de

impactos causados por incêndios em países tropicais como o Brasil (FRANÇA; FERREIRA, 2005).

O uso de dados gerados por satélites tem sido amplamente explorado na identificação de queimadas em tempo real (GRANEMANN; CARNEIRO, 2009). Segundo Batista (2004), a rapidez na identificação dos focos é de extrema importância para a eficiência no controle do fogo, redução dos custos de operação e dos danos gerados por ele. Desta forma, a utilização de métodos de identificação de queimadas se torna imprescindível no planejamento do controle do fogo e quantificação das áreas queimadas.

Os métodos empregados atualmente para a identificação de queimadas apresentam baixa exatidão devido à variabilidade vegetal e as diferentes respostas espectrais de cada tipo de bioma diante de um incêndio. Além disso, são grandes as discrepâncias entre os resultados obtidos por estes métodos na identificação e quantificação de áreas queimadas com os resultados reais. A validação dos casos de queimada também é dificultada pela grande extensão das áreas e por suas características distintas. A utilização dos métodos clássicos para identificação e quantificação de áreas queimadas, utilizando faixas espectrais do visível e infravermelho próximo sofre interferências da atmosfera e de aerossóis, causando distorções nos resultados (LIBONATI *et al.*, 2013).

Neste contexto, o objetivo do trabalho é desenvolver um algoritmo capaz de identificar cicatrizes de queimadas através de padrões de respostas espectrais.

2. Material e métodos

2.1 Pré Processamento

A área de estudo é composta por uma cena do sensor TM do satélite Landsat-5, órbita/ponto 217/71, localizada nas coordenadas planas $X_1 = 83535.0000$ e $X_2 = 317805.0000$ e $Y_1 = 8139775.0000$ e $Y_2 = 8340835.0000$, conforme Figura 1. Neste trabalho foi utilizada uma imagem do sensor (*Thematic Mapper*) TM do satélite Landsat-5, do dia 15 de Outubro de 2005. Esta data foi escolhida devido à alta ocorrência de focos de incêndio registrada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no local. A imagem possui resolução espacial nominal de 30 metros, 7 bandas espectrais (três no visível, uma no infravermelho próximo, duas no infravermelho médio e uma no infravermelho distante), 8 bits de resolução radiométrica e resolução temporal de 16 dias.

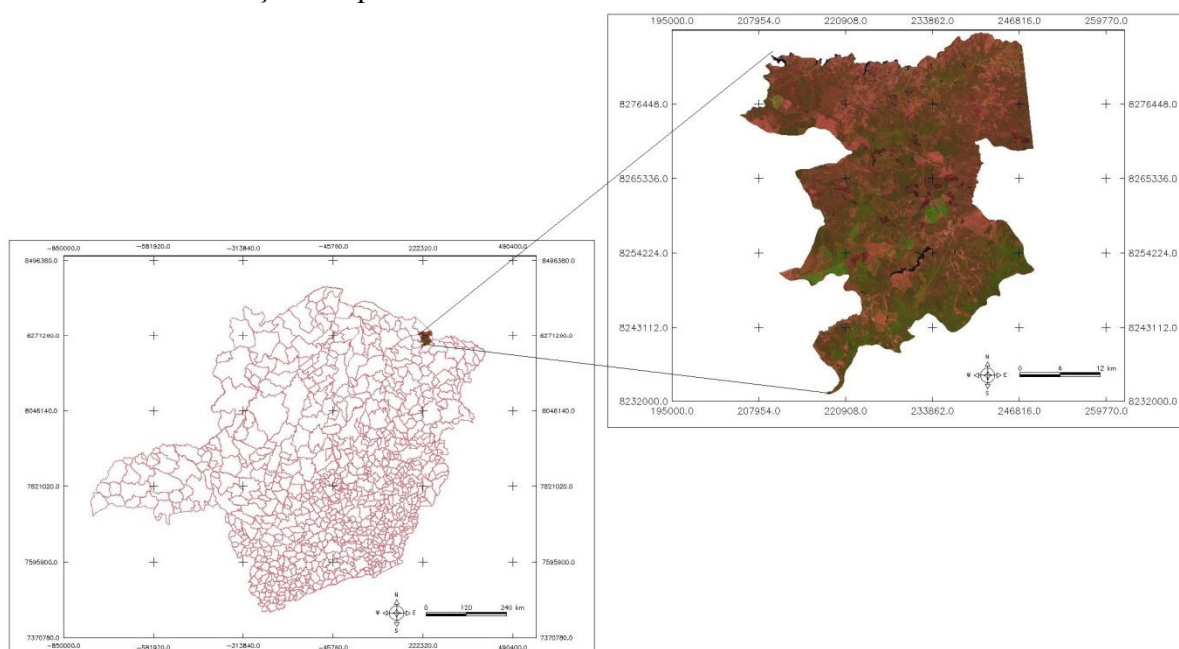


Figura 1: Localização espacial do município de Águas Vermelhas no estado de Minas Gerais.

O georreferenciamento das imagens foi realizado tomando como referência imagens GeoCover NASA (2001) considerando 25 pontos distribuídos espacialmente na cena. O processamento digital das imagens foi realizado no *software* ENVI (*Environment for Visualizing Images*) versão 4.7. O procedimento foi realizado obedecendo a um erro máximo de 2%.

No *software* SPRING 5.2 foi criado um banco de dados para estruturação e análise das informações essenciais ao estudo. A fim de reduzir o efeito da atmosfera e dos aerossóis na resposta espectral da imagem foi realizada a correção atmosférica das bandas 3, 4, 5 e 7 utilizando o método da Subtração de Objeto escuro, proposto por Chavez (1988). A radiância e refletância foram calculadas pelas Equações 1 e 2, respectivamente.

$$L_{rad} = \left(\frac{L_{max} - L_{min}}{255} \right) * DN + L_{min} \quad (1)$$

Onde: L_{rad} é a radiância espectral na banda i em $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$; $L_{i,max}$ e $L_{i,min}$ os valores de radiância máxima e mínima na banda i , respectivamente e NC_i o nível de cinza na banda i .

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi * L_i}{K_i * L * \cos Z * dr} \quad (2)$$

Onde: L_i é a radiância espectral de cada banda ($Wm^{-1}L\lambda^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$); K_i é a irradiância solar espectral da banda no topo da atmosfera ($Wm^{-1}K\lambda^{-2}\mu m^{-1}$); Z , é o ângulo zenital solar; dr , é o quadrado da razão entre a distância média terra-sol (r_0) e a distância terra-sol (r) em dado dia do ano (DJ), sendo obtidos pelas Equações 3 e 4.

$$\left(\frac{r}{r_0} \right)^2 + 1,000110 + 0,034221 \cos \Gamma + 0,001280 \sin \Gamma + 0,000719 \cos 2\Gamma + 0,000077 \sin 2\Gamma \quad (3)$$

Onde: D é o dia do ano

$$\Gamma = 2\pi(D - 1)/365 \text{ (rad)} \quad (4)$$

Para a correção atmosférica, os valores de radiância foram convertidos para refletância pelo método DOS (*Dark Object Subtraction*), usando-se o histograma da banda 3 como referência para a seleção do pixel mais escuro, segundo metodologia proposta por Gürtler *et al.* (2005).

2.2 Índice de Queima por Razão Normalizada

O índice escolhido para fazer o estudo e identificação de cicatrizes de queimadas foi o Índice de Queimada por Razão Normalizada (NDBR). O NDBR foi utilizado como referência para a realização de testes de acerto do algoritmo, sendo este calculado com a refletância relativa das bandas 4 e 7 do TM, realçando áreas queimadas conforme sua severidade. As bandas do espectro eletromagnético correspondentes ao visível e ao infravermelho próximo são mais afetadas pelos efeitos da atmosfera, por isso, optou-se pela utilização do NDBR, que tem essa interferência minimizada por utilizar apenas a região do espectro correspondente às bandas 4 e 7, conforma a Equação 5.

$$NDBR = \frac{(\rho_4 - \rho_7)}{(\rho_4 + \rho_7)} * 100 \quad (5)$$

Onde:

ρ_4 = refletância relativa à banda 4;

ρ_7 = refletância relativa à banda 7.

2.3 Algoritmo

A banda 4 do Landsat 5 captura a refletância da superfície na faixa de 0,76 a 0,9 μm do espectro eletromagnético, sendo empregada para estudo de áreas vegetadas. Áreas que foram queimadas deixam de se comportar como a vegetação, passando a refletir menos radiação e apresentando-se como manchas escuras nesse intervalo do espectro. Desta forma, cicatrizes de queimada são facilmente identificadas na banda 4, o que viabiliza sua utilização para este fim.

A coleta de informações foi realizada utilizando a leitura de valores dos pixels com uma matriz de 3 x 3, tomando apenas os valores centrais da matriz. Assim, foi possível identificar o intervalo de resposta padrão das áreas queimadas. Além disso, a partir da banda 6, também utilizando a leitura de valores dos pixels, identificou-se a temperatura mínima e a máxima da superfície nas cicatrizes de queimada. Desta forma, foi possível desenvolver um algoritmo em linguagem de programação LEGAL/SPRING capaz de percorrer a imagem e classificar pixel por pixel como área queimada ou área não queimada.

De acordo com o observado no trabalho, áreas que foram queimadas apresentaram valor de refletância entre 0,06 e 0,14 na banda 4 e temperatura acima de 28°C.

2.4 Validação dos resultados

A imagem gerada pelo algoritmo foi comparada com a imagem gerada pelo NDBR através da Medida de Classes, fazendo assim, a validação dos resultados obtidos pelo programa.

3. Resultados e Discussão

A Figura 2 representa o município de Águas vermelhas, na composição colorida R5G4B3, onde é possível observar as áreas queimadas como pontos escuros.

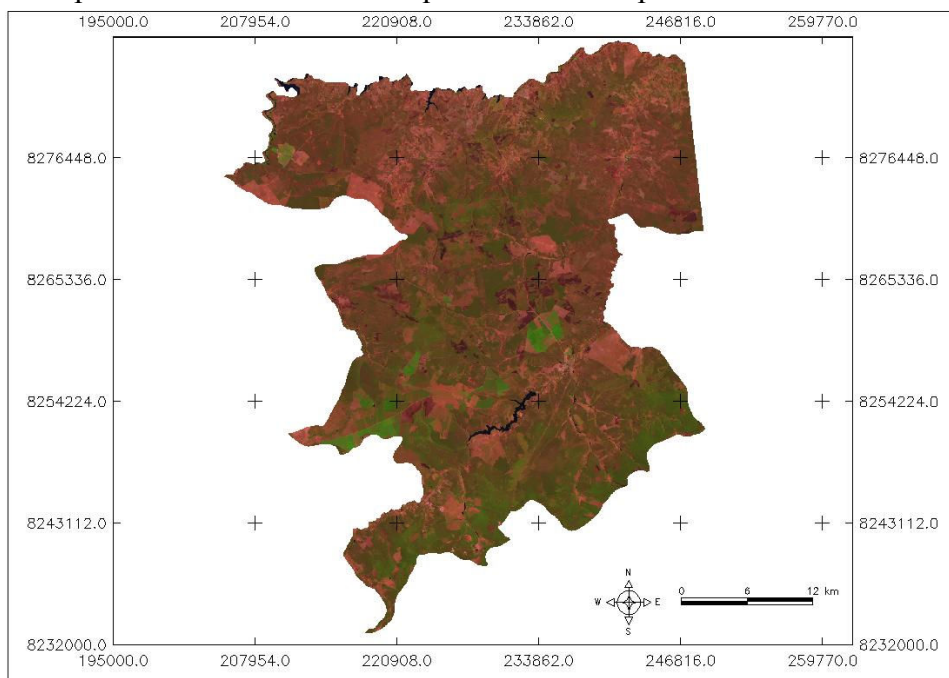


Figura 2: Município de Águas Vermelhas na composição colorida R5G4B3.

A partir da imagem NDBR, a Figura 3a apresenta o mapeamento gerado pelo algoritmo desenvolvido, já na Figura 3b, apresenta o mapa gerado pelo NDBR. Os pixels escuros representam áreas queimadas em ambas as imagens.

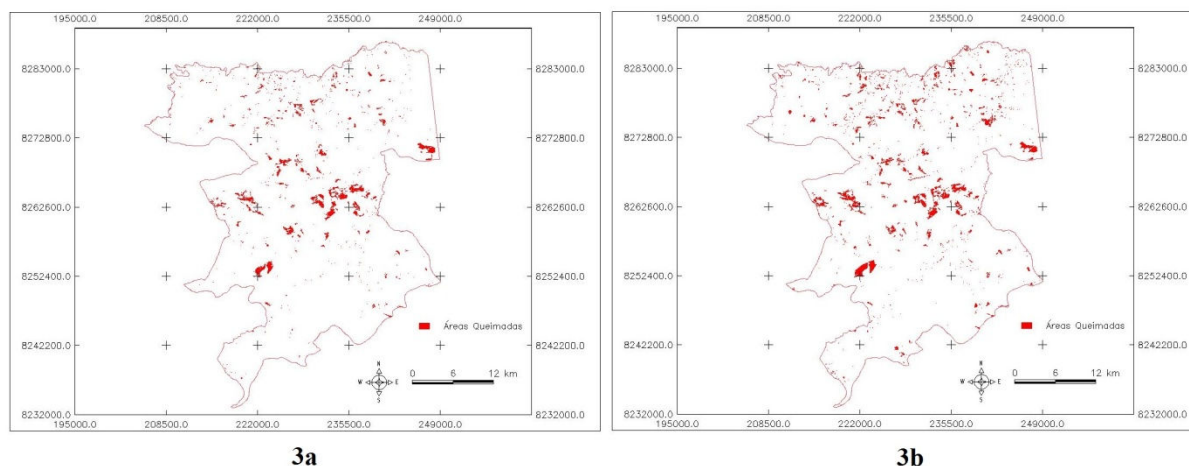


Figura 3: A figura 3a representa o resultado encontrado pelo algoritmo desenvolvido e a figura 3b representa o resultado encontrado pelo algoritmo do NDBR.

Analisando as Figuras 3a e 3b pode-se inferir que o número de focos de áreas queimadas no período investigado no ano de 2005 é praticamente similar. A baixa diferença entre os resultados pode ser justificada pela utilização de duas variáveis pelo algoritmo desenvolvido, o intervalo de refletância padrão apresentado por áreas queimadas e a temperatura da superfície.

A temperatura da superfície tende a apresentar-se com valores maiores devido à absorção de radiação pelas cinzas e carvão expostos na superfície do solo, dessa forma, é possível utilizá-la como critério para confirmação de resultados. Com isso, áreas que poderiam apresentar possíveis interferências são ignoradas, aumentando a eficiência do programa.

É possível observar ainda que ambos os métodos foram eficazes na identificação de pequenas queimadas, com área inferior a 2 hectares. Nota-se ainda, que tanto o algoritmo desenvolvido quanto o NDBR identificaram alguns falsos positivos, ou seja, mapearam áreas não queimadas como se o fossem. Quando atingidas pelo fogo, áreas menos vegetadas diferem de áreas mais vegetadas quanto a quantidade de resíduos depositados na superfície do solo, o que influencia na variabilidade da resposta espectral e na temperatura da superfície das cicatrizes de queimada. Este é um dos motivos pelo qual tanto o algoritmo desenvolvido quanto o NDBR mapearam falsos positivos, além disso, a vegetação pode estar em um nível mais avançado de regeneração, o que também influencia na resposta espectral e temperatura das áreas. A área queimada total identificada pelo algoritmo desenvolvido foi de 3340,08ha, enquanto com o NDBR foram identificados 4572,81ha. Desta forma, pode-se inferir que o índice de acerto do programa foi de 73%, quando comparado ao NDBR.

4. Conclusão

O NDBR apresentou-se eficaz na identificação de áreas queimadas, mapeando com segurança, pequenas e grandes áreas. No entanto, superestimou o resultado final, mapeando como queimadas algumas áreas que não eram.

O algoritmo desenvolvido mostrou-se eficaz no mapeamento de áreas queimadas, apresentando maiores restrições que o NDBR, e conseqüente maior exatidão. A utilização de algoritmos específicos para pequenas regiões aumenta o nível de confiança dos resultados, uma vez que a variabilidade das características da região em questão é minimizada, o que garante a redução dos erros inerentes a este fator.

Referências

Batista, A. B. Detecção de incêndios florestais por satélites. Floresta 34 (2), Curitiba, p. 237-241, maio/ago, 2004. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=06&Number=96>>. Acesso em 05 jul. 2014.

Chavez, P. S. **An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data**. Remote Sensing of Environment. 1988. p. 459-479.

França, D. A.; Ferreira, N. J. Considerações sobre o uso de satélites na detecção e avaliação de queimadas. In Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 6901-6908. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://mar.tecnico.unicamp.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.11.30/doc/3017.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2014.

Granemann, D. C.; Carneiro, G. L. Monitoramento de focos de incêndio e áreas queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto. Revista de Engenharia e Tecnologia, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 55-62, dez. 2009. Disponível em: <http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/monitora_vetecacao_sr.pdf>. Acesso em 05 jul. 2014.

Gürtler, S.; Epiphânio, J.C.N.; Luiz, A.J.B.; Formagio, A.R. Planilha eletrônica para o cálculo da reflectância em imagens TM e ETM+ Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, Presidente Prudente, v.57, n.2, p.162-7, 2005.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. Chapter 11 - Data Products. Disponível em: <http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_htdocs/chapter11/chapter11.html>. Acesso em 29 out. 2014.

Libonati, R.; Setzer, A. W.; Morelli, F.; Camara, C. Algoritmo automático de detecção de áreas queimadas em imagens MODIS – aplicação na região do Jalapão, TO. In Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 6901-6908. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1386.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2014.