

Identificação e delimitação de áreas queimadas no Pantanal

Demerval Aparecido Gonçalves¹
Wilson Cabral de Sousa Júnior¹
Fabiano Morelli²

¹ Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias
12.228-900 - São José dos Campos, SP, Brasil
{demerval, wilson}@ita.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos, SP, Brasil
fmorelli@cptec.inpe.br

Resumo. Este trabalho apresenta a metodologia de processamento de imagens – NDVI e fatiamento – utilizada na identificação e delimitação de áreas queimadas em uma região do Pantanal, município de Corumbá. A partir do processamento de imagens CCD-CBERS foram estabelecidos os principais fatores que possibilitam a discriminação de queimadas em relação a outros tipos de alterações na região. O método empregado mostrou-se satisfatório, apontando uma área queimada de 6018 hectares entre os dias 18/07/2006 e 13/08/2006. O modelo apresentou uma dificuldade maior de discriminação quando o alvo imageado é água, necessitando de ajustes a partir de outras fontes de informação.

Palavras-chave: Pantanal, sensoriamento remoto, queimada, detecção de mudanças.

Abstract. This paper presents the image processing methodology, NDVI and slacing, used to identify and define burned areas on the Pantanal region. The main features to discriminate burning areas were obtained from the CCD-CBERS images processing. The method results have been satisfactory and they have appointed a burned area of 6018 hectares from 07/18/2006 and 08/13/2006. The major barrier to the model is to discriminate water areas, to what it demands a better approach.

Key-words: Pantanal, remote sensing, burning, change detection.

1. Introdução

As queimadas, naturais ou causadas pela interferência humana, representam um dos principais fatores que contribuem para a emissão de gases e material particulado na atmosfera. O monitoramento destes eventos, em termos de local de ocorrência e área de abrangência, exige o estudo de métodos de detecção e delimitação de áreas.

Utilizando-se de técnicas de classificação e detecção de mudanças, procuram-se estabelecer metodologias que melhor se adaptam à extração de informações de imagens oriundas de sensores remotos. Atualmente existem sensores e métodos que detectam de forma satisfatória as ocorrências de queimadas, no entanto, são poucas as referências para métodos automáticos de quantificação. Os trabalhos de Brown (2006), Lombardi (2005) e Piromal (2005) apóiam esta assertiva ao apontar o emprego de interpretação visual como o método mais eficaz para a delimitação de áreas afetadas pelo fogo.

2. Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo principal identificar e calcular o tamanho das áreas que sofreram a ação de queimadas em uma região do Pantanal em um intervalo de tempo, a partir de metodologia que permita a posterior automação do processo. Como objetivo secundário procurou-se estabelecer, utilizando técnica de detecção de mudanças e classificação de imagens em produtos CBERS, os fatores que possibilitam a discriminação de queimadas de outros tipos de mudanças.

3. Material e Métodos

A área de estudo, mostrada na **Figura 1**, localiza-se no extremo leste do município de Corumbá-MS. Compreende uma região de 1.193.000 ha, coincidente à sobreposição de duas imagens CBERS.

Foram obtidas, através do catálogo *on line* do INPE, duas imagens do sensor CCD CBERS da órbita-ponto 165-121, uma de 18/07/2006, que chamaremos de T1, e outra de 13/08/2006, que chamaremos de T2. A correção geométrica foi feita visando implementar uma técnica de detecção de mudanças, com registros do tipo imagem-imagem.

As imagens obtidas através do sensor CCD CBERS (INPE) têm resolução espacial de 20 metros, resolução temporal de 26 dias, uma faixa imageada de 113 km cujas características espectrais mostradas na **Tabela 1**.

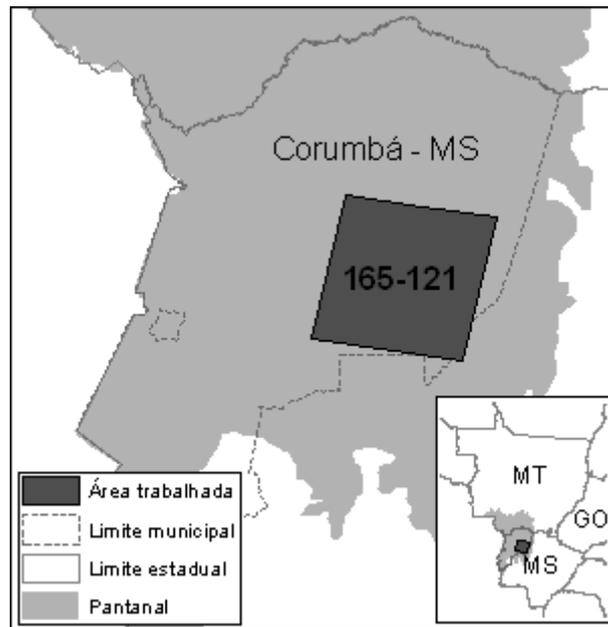


Figura 1. Localização da área de trabalho.

Tabela 1. Características espectrais do sensor CCD CBERS.

| Bandas | | Faixa Espectral |
|---------|------------------------|-----------------|
| Banda 1 | Azul | 0,45 - 0,52µm |
| Banda 2 | Verde | 0,52 - 0,59µm |
| Banda 3 | Vermelho | 0,63 - 0,69µm |
| Banda 4 | Infra-Vermelho Próximo | 0,77 - 0,89µm |
| Banda 5 | Pan | 0,51 - 0,73µm |

Para cada imagem (T1 e T2) foram geradas as imagens de índice de vegetação, que chamaremos de T1IV e T2IV. O índice de vegetação é uma combinação linear, da refletância ou radiância, de dois ou mais intervalos de comprimento de onda. Nesse caso optamos por utilizar o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), principalmente pelo fato dele não necessitar de parâmetros externos à imagem para ser calculado, sendo necessário apenas aplicar a seguinte equação na imagem CBERS:

$$NDVI = (Banda4 - Banda3) / (Banda4 + Banda3)$$

A técnica de detecção de mudanças utilizada foi a de subtração de imagens, que é, de acordo com Mather (1999), a geração de uma imagem a partir da subtração dos valores de *pixel* de duas imagens da mesma região e com datas diferentes.

Nesse caso, a imagem diferença foi obtida a partir da subtração da imagem T1IV pela T2IV e a chamaremos de IVDIF. A subtração de imagens NDVI para identificação de queimadas também foi utilizada por Diaz-Delgado (1999).

A imagem diferença (IVDIF) foi classificada espectralmente através do fatiamento de níveis. Segundo Crósta (1992), a operação de fatiamento de níveis consiste em realçar os *pixels* que tenham valores dentro de um intervalo especificado. Os intervalos para o fatiamento foram definidos a partir do comportamento dos valores de *pixels* das amostras previamente delimitadas na imagem CBERS. A delimitação das amostras foi feita de forma manual através de interpretação visual das imagens T1 e T2, procurando identificar as

manchas de queimadas existentes apenas na imagem T2 e simultaneamente inexistentes na imagem T1. As amostras totalizaram 29 polígonos, que representam 13.687 *pixels* da imagem e aproximadamente 550 hectares de área.

Para as bandas 1, 2, 3 e 4 e para a imagem IVDIF, na área das amostras de queimada delimitadas, foram calculados a média e o desvio padrão dos valores desses *pixels*. Com essas informações plotou-se a curva normal a fim de estabelecer os valores dos limites inferior e superior que determinem uma fatia espectral que represente mais de 99% dos *pixels* das amostras. Essas informações são mostradas na **Tabela 2**.

Foi determinado apenas um dos limites (inferior ou superior), com a condição “maior que” ou “menor que”, sendo o outro estabelecido pelo valor de um dos extremos da imagem (mínimo ou máximo). No caso das imagens cujas amostras apresentaram média maior que a média da banda, foi estabelecido o limite inferior (“maior que”), e no caso da média menor que a média da banda, foi estabelecido o limite superior (“menor que”).

Tabela 2. Dados para a análise e determinação dos limites do fatiamento.

| | T1 | | | | T2 | | | | IVDIF |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| | B1 | B2 | B3 | B4 | B1 | B2 | B3 | B4 | NDVI |
| Mínimo | 34 | 43 | 23 | 55 | 37 | 45 | 26 | 34 | 0,039 |
| Máximo | 80 | 63 | 37 | 105 | 80 | 71 | 42 | 85 | 0,336 |
| Média | 61 | 53 | 32 | 73 | 55 | 54 | 33 | 50 | 0,195 |
| Desvio padrão | 9,1 | 2,9 | 2,2 | 7,6 | 8,8 | 4,7 | 3,5 | 11,6 | 0,039 |
| Média da banda | 38 | 39 | 23 | 58 | 46 | 46 | 28 | 65 | 0,025 |
| Limite | > 40 | > 46 | > 26 | > 55 | > 34 | > 43 | > 24 | < 77 | > 0,104 |

Como exemplo, a **Figura 2** mostra como se comportam as amostras na banda 2 da imagem T2. A linha azul representa o histograma dos *pixels* da amostra, a linha vermelha representa a curva normal gerada a partir da média e o desvio padrão dos valores dos *pixels* da amostra e a linha vertical preta indica o limite da fatia.

Considerando que a média de todos os *pixels* dessa banda é 46 (menor que a média dos valores das amostras), o limite inferior é 43 e o limite superior é 255, ou seja, a classe de área queimada na banda 2 da imagem T2 é representada pela fatia 46 a 255.

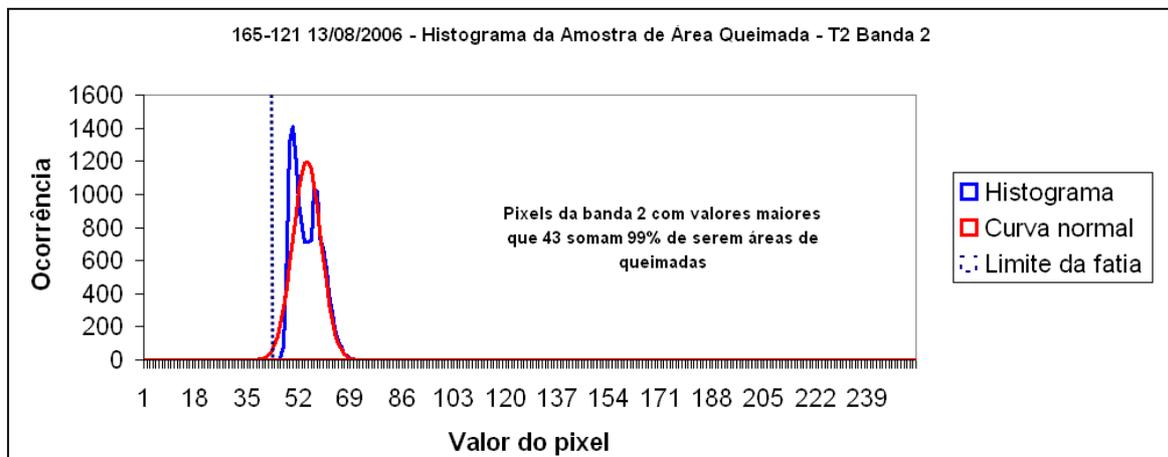


Figura 2. Comportamento das amostras de área queimada para a Banda 2 da imagem T2.

Nem todas as informações geradas foram utilizadas para a classificação das áreas queimadas. Em função disso, foram estabelecidas condições mínimas para a identificação

dessas áreas, nota-se na **Figura 3** que a Banda 4 e a imagem IV são as que mais indicam alteração nas áreas das amostras.

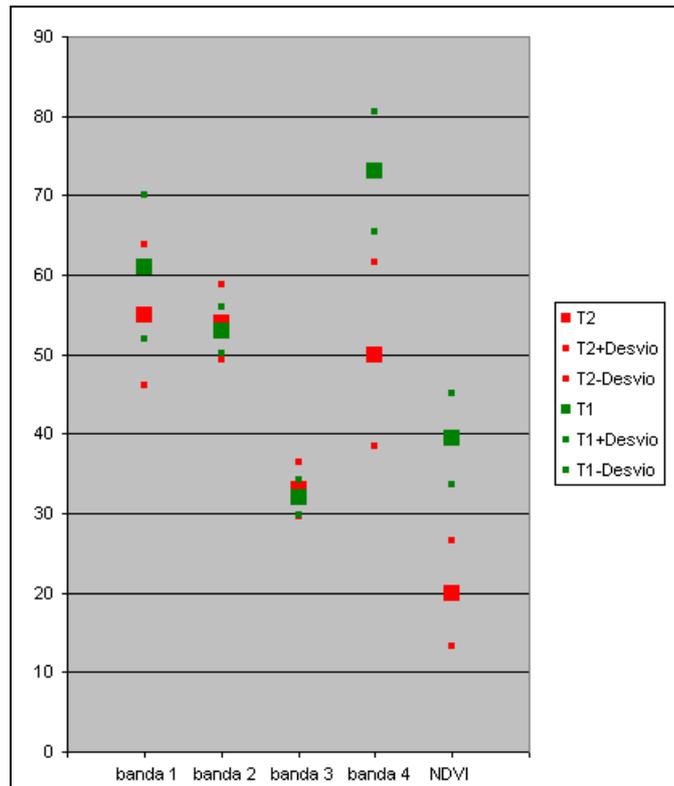


Figura 3. Respostas das bandas espectrais nas imagens T1 e T2.

Considerando esse fator, chegou-se a condição final para a identificação dos *pixels* de áreas queimadas nas imagens. É considerada área queimada quando IVDIF for maior que 0,104 e a Banda 4 da imagem T2 for menor que 77 (vide linha Limite da **Tabela 2**).

A utilização adicional da banda 4 é particularmente importante para distinguir, dentre alterações constatadas no índice de vegetação, as que são causadas por queimadas das que são causadas por desmatamento.

Foi gerada uma imagem com o resultado da classificação, que recebeu um filtro para remoção de *pixels* isolados (*Neighborhood 3x3*) e, por fim, esse resultado foi convertido em vetores do tipo polígono.

4. Resultados e Discussão

Em geral, numa avaliação visual, constatou-se que a metodologia funcionou bem na identificação e na delimitação de áreas queimadas. A **Tabela 3** mostra os resultados onde as áreas queimadas foram classificadas de acordo com o seu tamanho.

Tabela 3. Quantidade de área queimada na região do trabalho.

| | Até 1 ha | 1 a 5 ha | 5 a 10 ha | 10 a 50 ha | 50 a 100 ha | 100 a 200 ha | Acima de 200 ha |
|------------|----------|----------|-----------|------------|-------------|--------------|-----------------|
| Quantidade | 1568 | 393 | 97 | 82 | 10 | 2 | 4 |
| Área (ha) | 483,2 | 853,8 | 675,5 | 1743,8 | 612,9 | 241,1 | 1408,0 |

A área queimada totaliza 6018,3 hectares, o que representa meio por cento da área estudada e aproximadamente 11 vezes a área amostrada.

Foi constatada, em alguns casos, uma confusão na classificação devido a ausência de água na imagem T1 e sua presença na T2. Em alguns testes realizados com imagem Landsat, nota-se a possibilidade de discriminação desse tipo de alvo com a utilização da banda 5, cuja faixa espectral, que vai de 1,55 a 1,75 μm , inexistente no sensor CCD CBERS.

Na **Figura 4** é mostrado um exemplo do resultado final do processamento.

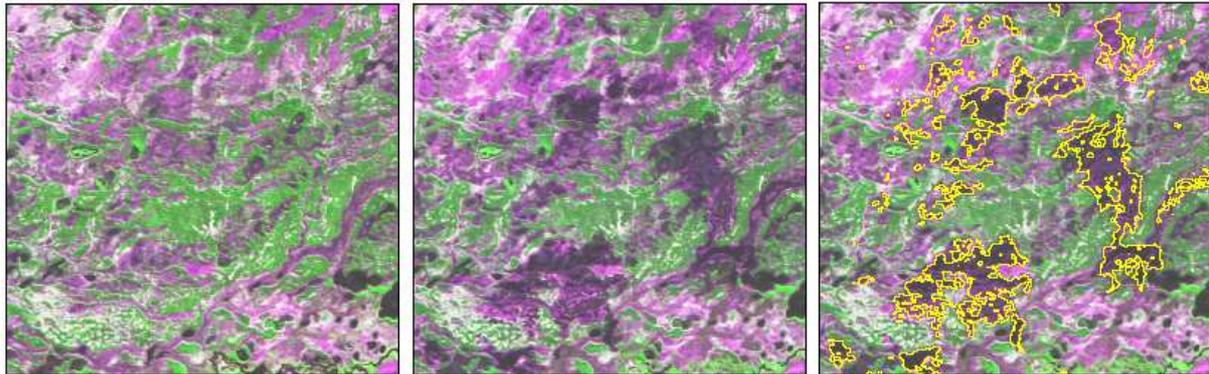


Figura 4. Parte da área de estudo, na seqüência: imagem T1, T2 e T2 com polígonos.

5. Considerações finais

Os resultados obtidos com o método proposto demonstraram a capacidade de detecção e delimitação de áreas queimadas utilizando-se o sensor CCD-CBERS em um intervalo temporal curto (aproximadamente um mês).

No entanto, necessita-se avaliar o erro inserido no mapa final, para o qual há que se investir na obtenção de áreas amostrais de queimada em maior quantidade, e estudar formas de discriminar as alterações da paisagem em relação a corpos d'água. Análises preliminares apontam essa possibilidade com a utilização de imagens da banda 5 do TM e ETM+ do Landsat.

É interessante fazer uma análise de aderência de outras distribuições de probabilidade visando melhorar a definição dos limites do fatiamento.

6. Referências

Brown, I. F. **Relatório preliminar do mapeamento de áreas de risco para incêndios no leste do Estado do Acre: Primeira aproximação. 18ago06.**

Crósta, Álvaro P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Campinas, SP. 170p.

Díaz-Delgado, Ricardo. **Detection of burned forest areas in Catalonia using a temporal series of Landsat MSS imagery (period 1975-93).** Joint Fire Science Conference and Workshop, 1999.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **As câmeras dos satélites CBERS-1 e 2.** Disponível em: http://www.cbers.inpe.br/pt/programas/cbers1-2_cameras.htm. Acesso em: 14/09/2006.

Lombardi, R. J. R. **Estudo da recorrência de queimadas e permanências de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do Cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat.** 2005. 172 p. (INPE-12663-TDI/1006). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003.

Mather, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction.** 2.ed. Chichester: John Wiley, 1999. 292p.

Piromal, R. A. S. Avaliação do desempenho do algoritmo do produto MOD14 na detecção de queimadas no norte do estado do Mato Grosso. XII SBSR, 2005. **Anais.**