

# ALGORITMO AUTOMÁTICO DE DETECÇÃO DE ÁREAS QUEIMADAS UTILIZANDO DADOS MODIS: RESULTADOS PRELIMINARES

Renata Libonati <sup>1,2</sup>, Alberto W. Setzer <sup>1</sup>, Fabiano Morelli <sup>1</sup>, Carlos DaCamara <sup>3</sup>, Teresa Calado <sup>3</sup>

<sup>1</sup>CPTEC/INPE – <sup>2</sup>[renata.libonati@cptec.inpe.br](mailto:renata.libonati@cptec.inpe.br) – <sup>3</sup>IDL/FCUL

**RESUMO:** Uma das variáveis cruciais para quantificar as emissões associadas à queima de biomassa em escala global é o tamanho da área afetada pelo fogo. Com efeito, a obtenção de um melhor desempenho dos modelos de emissão de poluentes tem sido atualmente um dos objetivos principais da comunidade científica. Neste contexto, o presente trabalho apresenta os resultados preliminares do algoritmo automático de detecção de áreas queimadas em desenvolvimento pelo Grupo de Estudos e Monitoramento de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), utilizando informação proveniente do sensor MODIS.

**ABSTRACT:** Accurate information about location and extent of burnt area is required and of particular interest for the scientific communities dealing with meteorological and climate models in what concerns reliable estimations of biomass burned. Accordingly, an effort has been made by the scientific community to develop thematic products of burnt areas. In such context, the present work presents the preliminaries results of the automated procedure for burned area detection in development by the Grupo de Estudos e Monitoramento de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), using information from MODIS sensor.

## 1 - INTRODUÇÃO

Uma das principais formas de estudar e avaliar as mudanças climáticas induzidas por emissões de queimadas e outras intervenções antropogênicas é através de projeções futuras do estado atmosférico incluindo estas perturbações. Estas projeções são obtidas com modelos matemáticos resolvidos numericamente em supercomputadores. Assim, para se obter resultados que sejam fisicamente consistentes, os modelos atmosféricos devem corretamente incorporar as emissões de queimadas, através de estimativas espaciais e temporais da quantidade de biomassa consumida pela combustão (Scholes, 1995), e incluir o transporte e a interação destas emissões com o ambiente (Freitas et al., 2005). A quantidade emitida de um dado composto pela queima é estimada a partir do conhecimento da 1) quantidade de biomassa acima do solo, 2) do fator de combustão, 3) do fator de emissão e 4) da área queimada em um dado ecossistema. Portanto, uma das variáveis cruciais para quantificar as emissões associadas à queima de biomassa em escala global, é o tamanho da área afetada pelo fogo.

Neste contexto, o Grupo de Estudos e Monitoramento de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem desenvolvendo e aprimorando desde a década de 1980 seu

sistema operacional de monitoramento de queimadas em tempo quase-real (<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas>). O sistema gera e distribui diversos produtos derivados de satélite ambientais, voltados para o monitoramento das queimadas/incêndios que acontecem no território brasileiro e nos demais países da América do Sul, destacando-se os focos de calor associados aos fogos ativos. O sistema ainda disponibiliza opções que permitem acesso a diversos produtos relacionados à ocorrência de queimadas, como mapas de risco de fogo, mapas de concentração de fumaça, mapas de dias sem chuva e de precipitação acumulada, entre outros. Como parte de uma estratégia visando identificar áreas potenciais para o aprimoramento do sistema de monitoramento de queimadas do INPE, a disponibilização de informações acerca de áreas queimadas no Brasil afigura-se atualmente prioritária e crucial visto que se espera que tal conhecimento tenha um impacto positivo numa vasta gama de aplicações.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar os resultados preliminares do desenvolvimento de um procedimento automático para a datação e detecção do perímetro do fogo, utilizando informação proveniente do sensor MODIS.

## **2 – MATERIAL E MÉTODOS**

O procedimento baseia-se no índice de detecção de áreas queimadas (V,W), o qual utiliza dados de 1km das bandas 2 (infravermelho próximo, 0,856  $\mu\text{m}$ ) e 20 (infravermelho médio, 3,96  $\mu\text{m}$ ) do sensor, desenvolvido por Libonati et al., 2011. O índice utiliza dados de reflectância diárias dos canais 2, 20, 30 (infravermelho termal, 11  $\mu\text{m}$ ) do produto 1km AQUA MODIS Level 1B calibrated radiances, e ainda informação acerca do ângulo solar zenital e do ângulo zenital do sensor. A região de estudo compreende a órbita-ponto 221/67 do satélite Landsat-TM, que se localiza no estado do Tocantins. Vale a pena ressaltar que as imagens AQUA utilizadas cobrem apenas um mês (julho de 2011), totalizando 44 imagens. Para validação preliminar dos resultados, foram utilizados os focos de calor, do mês de julho de 2011, gerados pelo sistema de monitoramento de queimadas do INPE (<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas>).

O algoritmo foi desenvolvido para detectar mudanças persistentes nas séries temporais no índice (V,W), o dia da mudança máxima é identificado pelo algoritmo através de um índice de discriminação, em conjunto com limiares aplicados às séries temporais do índice (V,W). Por fim um filtro espacial é aplicado para remover outliers.

O algoritmo segue os passos listados a seguir e o seu fluxograma está representado na figura 1:

- a) Seleção dos pixels “aptos” a serem utilizados:
  - i. Verificação de pixels com ângulo solar zenital maiores que 45°, para evitar erros na reflectância da banda 20.
  - ii. Verificação de pixels com ângulo de visão maior que 45°, para evitar grandes distorções do tamanho do pixel.
  - iii. Verificação de pixel em terra – Máscara terra/mar (produto MOD03)

- iv. Radiâncias positivas e reflectâncias entre 0 e 1
- v. Verificação de pixel sem nuvem –utilizando limiar de V e W.

b) O algoritmo examina a série diária de W, considerando dois grupos de observações para o dia D, o primeiro grupo consiste na janela temporal contendo no mínimo 10 dias anteriores e o segundo grupo, 10 dias posteriores ao dia D. A seguir o algoritmo calcula a separabilidade temporal entre os dois grupos de observações:

c) O algoritmo seleciona o dia com o máximo valor de máxima separabilidade, ou seja, seleciona o dia em que supostamente ocorreu a mudança brusca do índice W devido à queimada;

d) Para garantir que este pixel foi realmente queimado, são utilizados dois critérios. O primeiro deles é o critério temporal para garantir que o valor máximo de separabilidade selecionado realmente corresponde à mudança devido à queimada. O segundo critério corresponde ao critério espacial. Após a aplicação do critério anterior, aplica-se um smooth espacial para suavizar possíveis outliers que tenham ocorrido. O critério espacial suaviza as datas onde ocorreram os valores de S máximo.

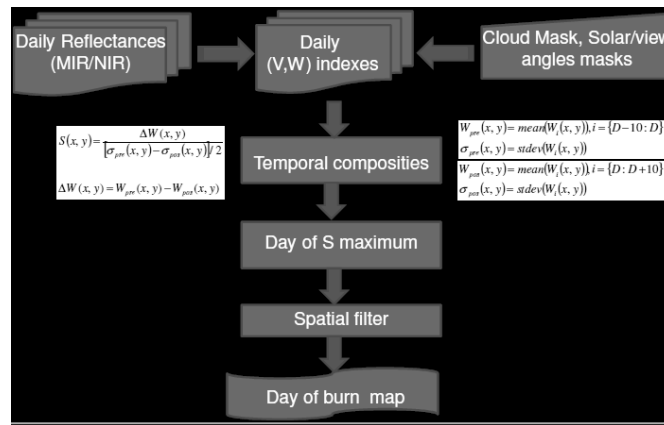


Figura 1: Flow-chart do algoritmo.

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

O algoritmo desenvolvido garante que repentinas e grandes diminuições nos valores de W da série temporal, devido à ocorrência do fogo, impliquem em separabilidade positivas. Valores constantes de W ou variações graduais levarão a separabilidade próxima de zero, enquanto que aumento de W implicará num valor de separabilidade negativo. Este comportamento pode ser observado na figura 2. Observa-se o salto em S no dia 38, devido à variação do índice W antes e depois do fogo. A figura 3 apresenta a validação dos resultados do algoritmo com os focos de calor do INPE. Nota-se uma razoável coerência espacial, entretanto, vale a pena ressaltar que os resultados aqui apresentados representam apenas os primeiros testes da aplicação do algoritmo. Para a obtenção de resultados consistentes, é necessária uma série de dados mais longa. A saída

do algoritmo de identificação de queimadas é um mapa das cicatrizes queimadas datadas, conforme a figura 4. A legenda da figura 4 corresponde aos dias de início do fogo.

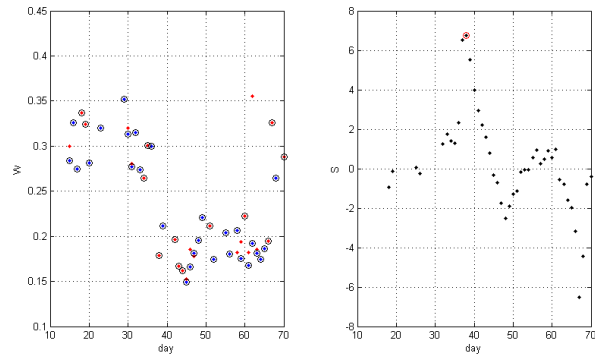


Figura 2: Série temporal de W (esquerda) e de separabilidade, S (direita). Esq. pontos vermelhos indicam satélite Terra e azuis, satélite Aqua. Dir. círculo vermelho indica o maior valor de S.

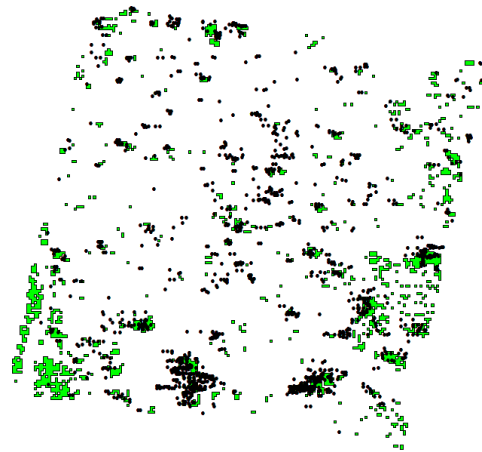


Figura 3: Comparação entre a área queimada identificada pelo algoritmo (verde) e os focos de calor (todos os satélites) da base de dados do INPE (preto).

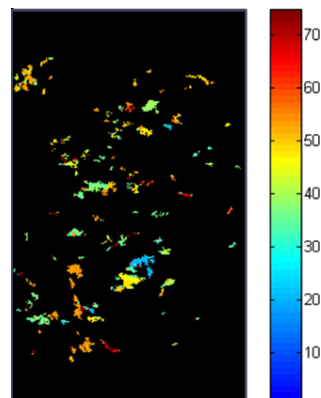


Figura 4: Exemplo da saída do algoritmo, onde a barra de cores indica o dia do início do fogo, em dias (dia 1 corresponde a 15 de julho).

A validação dos mapas de estimativa de área queimada e da datação será realizada com base em comparações com imagens de média resolução (i.e. LANDSAT e CBERS) aliadas com informações de campo e não apenas com os focos de calor. A geração destas informações para a validação dos resultados já se encontra em andamento.

#### **4 - CONCLUSÕES**

A disponibilidade de informações detalhadas e atualizadas sobre as distribuições espaciais (localização e extensão) e temporais das áreas queimadas no Brasil é atualmente crucial, não só para a melhor gestão dos recursos naturais, mas também para estudos de química da atmosfera e de mudanças climáticas. O aprofundamento das investigações científicas em estudos sobre a quantificação das áreas queimadas a partir de informações de satélites, bem como a melhor precisão destas estimativas, como proposto no presente trabalho permitirá, por exemplo, que informações de áreas queimadas no Brasil geradas pelo Grupo de Estudos e Monitoramento de Queimadas do INPE, sejam assimiladas em modelo de emissão poluentes. A integração dos resultados deste projeto em modelos de estimativa de emissão de poluentes permitirá não só melhorar suas incertezas no cálculo de emissão e dispersão de poluentes gerados pela queima da vegetação mais também contribuir para uma melhor avaliação dos impactos da emissão de queimadas nos cenários futuros das alterações climáticas.

#### **5 - AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (FAPESP) no âmbito da Bolsa de Pós-doutorado nº 2010/19712-2.

#### **6 - BIBLIOGRAFIA**

FREITAS, S.R., LONGO, K.M., SILVA DIAS, M.A.F., SILVA DIAS, P.L., 2005. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**, v. 19 (53), p. 167-185;  
LIBONATI, R.; DACAMARA, C. C.; PEREIRA, J. M. C.; PERES, L. F. 2011. On a new coordinate system for improved discrimination of vegetation and burned areas using MIR/NIR information. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, p. 1464-1477;  
SCHOLES, R.J., 1995. Greenhouse gas emissions from vegetation fires in Southern Africa. **Environ. Monitoring and Assessment**, v. 38, p. 169-179.