

## **Mapeamento do risco de incêndio na bacia do Alto Paraguai utilizando dados AVHRR-NOAA**

João Francisco Gonçalves Antunes<sup>1</sup>  
Júlio César Dalla Mora Esquerdo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Informática Agropecuária  
Caixa Postal 6041 - 13083-000 - Campinas - SP, Brasil  
{joaof,julio}@cnptia.embrapa.br

**Resumo.** As queimadas no Brasil são de complexo entendimento, pois possuem relação com a dinâmica climática, raízes culturais, condicionantes econômicos e fenômenos ecológicos. Na Bacia do Alto Paraguai, o fogo é muito utilizado para manejo de pastagens, principalmente durante a estação seca. A determinação do risco de incêndio em áreas de vegetação é uma informação importante para auxiliar as práticas de manejo adequado ao uso do fogo. O objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento do risco de incêndio na Bacia do Alto Paraguai utilizando dados AVHRR-NOAA. A análise dos perfis temporais da Banda 1 e do NDVI nos meses de agosto, setembro e outubro de 2004 a 2008, em conjunto com os focos de calor detectados nas imagens NOAA, permitiu caracterizar o decréscimo da umidade da vegetação que proporciona a condição para ocorrência de incêndios. Os resultados mostraram que valores do fator de refletância da Banda 1 maiores que 5% e valores do NDVI menores que 0,40, podem estimar alto grau de risco de incêndio. O mapeamento do risco de incêndio utilizando dados AVHRR-NOAA demonstrou ter forte correlação com os focos de calor detectados nas imagens NOAA. O método mostrou ser viável e pode ser refinado para integrar os sistemas de prevenção de incêndio para alerta de queimadas e para tomadas de decisão para controle do fogo. As ferramentas computacionais aplicadas neste estudo foram fundamentais por aliar precisão e automação na análise e tratamento do grande número de imagens da série temporal.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, processamento de imagens, série temporal, queimada, Pantanal.

**Abstract.** The fires in Brazil are complex understanding due to its relationship with climate dynamics, cultural background, economic conditions and ecological phenomena. In the Alto Paraguai River Basin, the fire is widely used for pasture management, especially during the dry season. The determination of the fire risk in grasslands is a valuable information to aid the management practices of fire use. This study aimed to map the fire risk in the Alto Paraguai River Basin using NOAA-AVHRR data. The analysis of the temporal profiles derived from Channel 1 and NDVI in August, September and October from 2004 to 2008, in addition to the hotspots detected by the NOAA images, allowed to characterize the decrease of vegetation moisture, which provides the condition for fire occurrence. The results have shown that values greater than 5% in Channel 1 and values lower than 0.40 in NDVI can estimate high fire risk. The fire risk mapping using NOAA-AVHRR data has shown a strong correlation with the hotspots detected in the NOAA images. The method has proved to be viable and can be refined to integrate the prevention systems to alert fire risks and for decision making to control the vegetation fire. The computational tools used in this study were essential to ally precision and automation in the analysis and processing of the large number of images included in the time-series.

**Key-words:** remote sensing, image processing, time-series, vegetation fire, Pantanal.

## 1. Introdução

O fogo é uma prática comum na Bacia do Alto Paraguai, embora muito contestada por entidades ambientalistas e a sociedade, por ser um instrumento barato, acessível e eficaz para manejo de pastagens e na limpeza de áreas agrícolas, utilizado principalmente durante o período de seca que se estende de junho a dezembro.

Entretanto, a intensidade e o uso indiscriminado das queimadas podem provocar grandes danos ambientais num complexo ecossistema como é o Pantanal, causando a perda da biodiversidade, a erosão dos solos e o empobrecimento dos recursos hídricos que refletem nos ciclos de cheia e seca, além de aumentar a emissão de gases e aerossóis para atmosfera que prejudicam a qualidade do ar, comprometendo a saúde e a vida da população da região.

A determinação do risco de incêndio em áreas de vegetação é uma informação importante para auxiliar as práticas de manejo adequado do uso do fogo. Os índices de risco de incêndio estão associados às condições meteorológicas que têm influência direta no vigor e umidade da vegetação e, conseqüentemente, na sua inflamabilidade. Os períodos de baixa precipitação em que a vegetação torna-se seca, com reduzido ou nenhum vigor vegetativo, caracterizam o potencial de ocorrência de incêndio.

A maioria desses índices utiliza os parâmetros meteorológicos precipitação, umidade relativa e temperatura do ar de um dia ou uma sequência de dias para determinar as condições da vegetação e prever o comportamento dos incêndios. O Índice de Monte Alegre, desenvolvido inicialmente para o Estado do Paraná em 1972, vem sendo utilizado no Brasil por instituições públicas para estimar o grau de risco de incêndio e subsidiar atividades de prevenção e combate ao fogo na vegetação (Soares, 1998).

O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) vem utilizando imagens de sensores remotos desde 1992 para detecção de focos de calor na vegetação. O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) são responsáveis pela proteção ambiental e pelo monitoramento dos incêndios na vegetação.

Visando contribuir para o desenvolvimento de sistemas de prevenção de incêndio, Volpato (2002) realizou um estudo para correlacionar o Índice de Monte Alegre em pastagens nos períodos de seca, utilizando medidas de umidade da vegetação e variáveis meteorológicas diárias, com imagens do sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*), a bordo dos satélites da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Os modelos estatísticos de ajuste de curva das variáveis umidade da vegetação, número de dias sem chuva e Índice de Monte Alegre, com os dados da Banda 1 da faixa do vermelho e de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), apresentaram significativamente os maiores

valores de coeficiente de correlação, o que justifica a utilização desses dados espectrais como indicadores da possibilidade de ocorrência de incêndios.

Os resultados desse trabalho mostraram que valores do fator de refletância da Banda 1 maiores que 7% e valores de NDVI menores que 0,50, podem representar perigo de incêndios em pastagens, com 80% de probabilidade de acerto. Estes limiares podem sofrer alterações dependendo das características da região em estudo, no que se refere a zona climática em que se situa, pluviometria, temperatura e, principalmente, o tipo de vegetação.

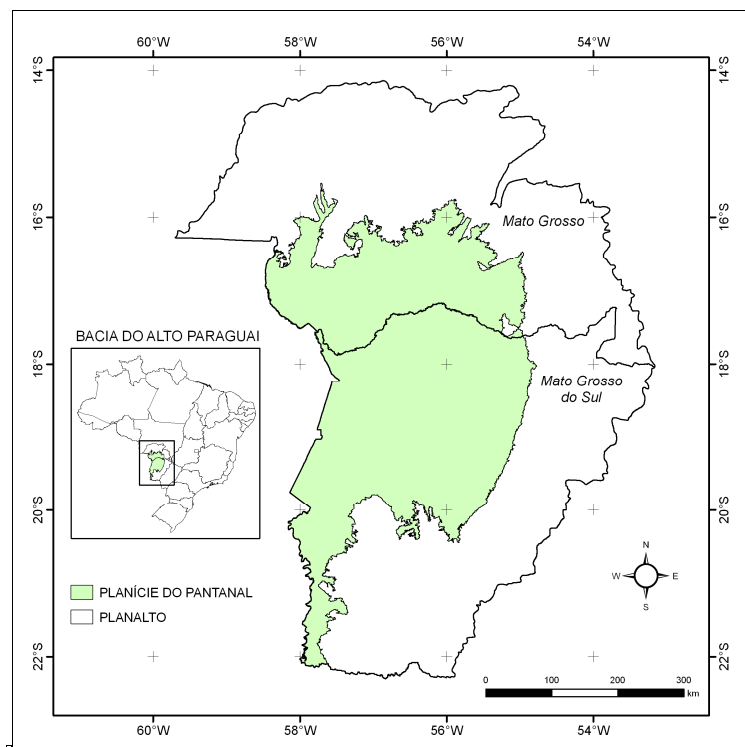
Os dados AVHRR-NOAA possuem elevada repetitividade temporal, resolução espacial de 1,1 km no nadir, com garantia de cobertura diária e de aquisição gratuita. Essas características aliadas a disponibilidade de longas séries temporais armazenadas em acervos históricos espalhados por todo mundo, proporcionam um grande potencial de aplicação para estimativa do grau de perigo de incêndios em áreas extensas.

## 2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento do risco de incêndio na Bacia do Alto Paraguai utilizando dados AVHRR-NOAA, do ano de 2004 a 2008 e comparar com os focos de calor detectados em algumas imagens selecionadas ao longo dessa série temporal.

## 3. Material e Métodos

A área de estudo foi a Bacia do Alto Paraguai ilustrada pela **Figura 1**, dividida em uma região alta denominada Planalto e uma região baixa e plana denominada Pantanal, que é a maior área inundável do planeta, sendo temporariamente alagada pelo rio Paraguai e seus principais afluentes todos os anos. Com uma vegetação predominante de pastagens e savanas, a principal atividade da região é a pecuária de corte, caracterizada por uma estação chuvosa no período de dezembro a maio e de seca que se estende de junho a novembro.



Fonte: Diário Corumbaense online (2009)



Fonte: Prefeitura Municipal de Corumbá (2009)

**Figura 1:** Bacia do Alto Paraguai com destaque do Pantanal e áreas de queimadas.

As imagens AVHRR-NOAA foram obtidas do acervo do Cepagri/Unicamp (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura/Universidade Estadual de Campinas), em seu estado bruto. Foram utilizadas imagens das passagens matutinas do satélite NOAA-17, sensor AVHRR/3, do período de janeiro de 2004 a dezembro de 2008. As características espectrais do sensor AVHRR/3 são mostradas na **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Características espectrais do sensor AVHRR/3.

<b>Bandas</b>	<b>Faixa Espectral (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Região do Espectro</b>
1	0,58 a 0,68	Vermelho (visível)
2	0,725 a 1,0	Infravermelho próximo
3A	1,58 a 1,64	Infravermelho médio
3B	3,55 a 3,93	Infravermelho termal
4	10,3 a 11,3	Infravermelho termal
5	11,5 a 12,5	Infravermelho termal

Fonte: Adaptado de Goodrum et al. (2004).

Para manipulação de toda essa série temporal de imagens foi utilizado o sistema NAVPRO desenvolvido por Esquerdo et al. (2006), que consiste em um procedimento automático desenvolvido em script *c-shell* compatível com a plataforma Linux, para processamento e geração de produtos das imagens AVHRR-NOAA.

A primeira parte do sistema é composta por um conjunto de comandos que acionam os módulos do pacote de software NAV implementado em linguagem C, para conversão do formato bruto, calibração radiométrica e georreferenciamento preciso. A calibração radiométrica é feita após a conversão da imagem em seu estado bruto, onde os valores de nível de cinza são convertidos para refletância aparente (no topo da atmosfera) para as bandas 1, 2 e 3A e temperatura de brilho, para as bandas 4 e 5. Em seguida inicia-se o processo de georreferenciamento preciso, baseado na metodologia da navegação indireta que considera como maior fonte de deslocamentos os erros de atitude do satélite no momento da sua passagem (Rosborough et al., 1994). Para determinar tais erros, o método busca pontos de controle automaticamente por meio da técnica da Máxima Correlação Cruzada (MCC), que compara a imagem alvo a uma imagem base cartograficamente precisa e sem nuvens (Emery et al., 2003). Como resultado deste processamento obtêm-se cinco arquivos referentes as bandas espectrais calibradas e geometricamente precisas. Também são gerados dois arquivos com o ângulo de elevação do satélite e o ângulo zenital solar para cada pixel da imagem.

A segunda parte do sistema, implementada em linguagem IDL (*Interactive Data Language*) do software ENVI (*The Environment for Visualizing Images*), é responsável pela leitura dos sete arquivos e pela geração dos seguintes produtos espectrais utilizados neste estudo: Banda 1 - Vermelho: monitoramento da superfície e cobertura de nuvens; Composições Coloridas RGB: diferenciação de alvos pelas tonalidades de cor conforme o seu brilho; Máscara de Nuvens: mascaramento para evitar a contaminação da análise espectral, segundo critérios que consideram o fator de refletância da Banda 1 e as temperaturas de brilho das Bandas 4 e 5 (França e Cracknell, 1995; Chen et al., 2002); NDVI: avaliação das mudanças do vigor da vegetação pela correlação com a biomassa, utilizando o fator de refletância das Banda 1 e 2 (Rouse et al., 1973).

Em todos os produtos foi aplicado o mascaramento de nuvens e de pixels considerados inaptos devido à baixa luminosidade solar e distorção do tamanho do pixel por estar muito fora do nadir. Além dos arquivos com informação espectral, também são geradas figuras no formato PNG (*Portable Network Graphics*) sobrepostas com informações cartográficas.

A partir dos produtos diários da Banda 1 e NDVI, foram geradas automaticamente por meio de uma rotina IDL as composições quinzenais de máximo valor, de forma a atenuar a influência da atmosfera (Holben, 1986).

A extração dos valores espectrais das composições máximas foi feita de forma automática a partir de uma rotina IDL, para a geração de gráficos de perfis temporais que descrevem o comportamento da vegetação ao longo da série de imagens, como forma de auxiliar na definição dos limiares para o mapeamento do risco de incêndio. Um algoritmo de análise harmônica denominado HANTS (*Harmonic Analysis of NDVI Time-Series*), implementado em linguagem IDL por Roerink et al. (2000), foi aplicado para suavizar os perfis temporais de modo a eliminar as variações causadas por ruídos, ausência de dados e efeitos atmosféricos.

O mapa de risco de incêndio foi gerado automaticamente por meio de uma rotina IDL, a partir da definição dos limiares para a Banda 1 e para o NDVI, baseado em Volpato (2002), após vários testes considerando os meses de maior ocorrência dos focos de calor detectados na Bacia do Alto Paraguai e de baixa precipitação caracterizada pelo período de seca, do ano de 2004 a 2008.

Para determinação da época de maior ocorrência de queimadas foram utilizados dados de focos de calor e dados de precipitação acumulada da região. Os focos de calor detectados por temperatura de brilho pelos satélites NOAA foram extraídos do Banco de Queimadas do INPE (INPE, 2009) e a precipitação acumulada mensal calculada por interpolação dos dados de estações pluviométricas foi obtida a partir do Agritempo (Sistema de Monitoramento Agrometeorológico) (Embrapa Informática Agropecuária e Cepagri/Unicamp, 2009), para toda série temporal.

#### 4. Resultados e Discussão

Das 2887 imagens processadas do ano de 2004 a 2008, 1118 (39%) deram origem a produtos com precisão geométrica dentro de um pixel, conforme contagem mostrada na **Tabela 2**. Nos casos em que o processamento falhou, observou-se que a imagem estava em grande parte coberta por nuvens, afetando o processo de busca por feições semelhantes por meio da MCC.

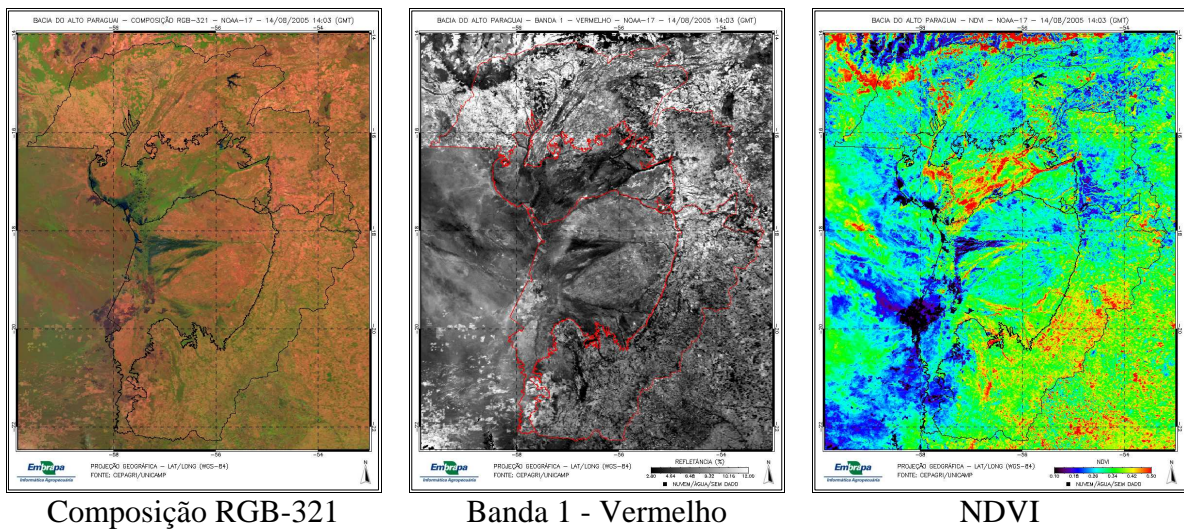
O sistema fornece para cada imagem processada o deslocamento médio entre a imagem alvo e a imagem base, o que representa a precisão do georreferenciamento. Considerando as 1118 imagens georreferenciadas precisamente pelo NAVPRO, os deslocamentos médios nos sentidos Norte-Sul e Leste-Oeste foram de 0,68 e 0,50, respectivamente.

**Tabela 2.** Imagens processadas, porcentagem de acertos e deslocamentos médios.

Ano	Total Processado	Total de Falhas	Total de Acertos	Acertos (%)	Deslocamento Médio (pixel)	
					N-S	L-W
2004	304	190	114	37,5	0,72	0,43
2005	654	421	233	35,6	0,65	0,52
2006	670	427	243	36,2	0,69	0,43
2007	677	400	277	40,9	0,71	0,56
2008	582	331	251	43,0	0,65	0,55
<b>Total</b>	<b>2887</b>	<b>1769</b>	<b>1118</b>	<b>39,0</b>	<b>0,68</b>	<b>0,50</b>

Os resultados mostraram que, quando livres da presença maciça de nuvens, as imagens de entrada puderam ser georreferenciadas automaticamente, gerando produtos precisos, sem qualquer intervenção humana. A navegação indireta, aliada à busca automática de feições por meio da MCC, se mostrou eficaz e contribuiu para a total automatização do processamento.

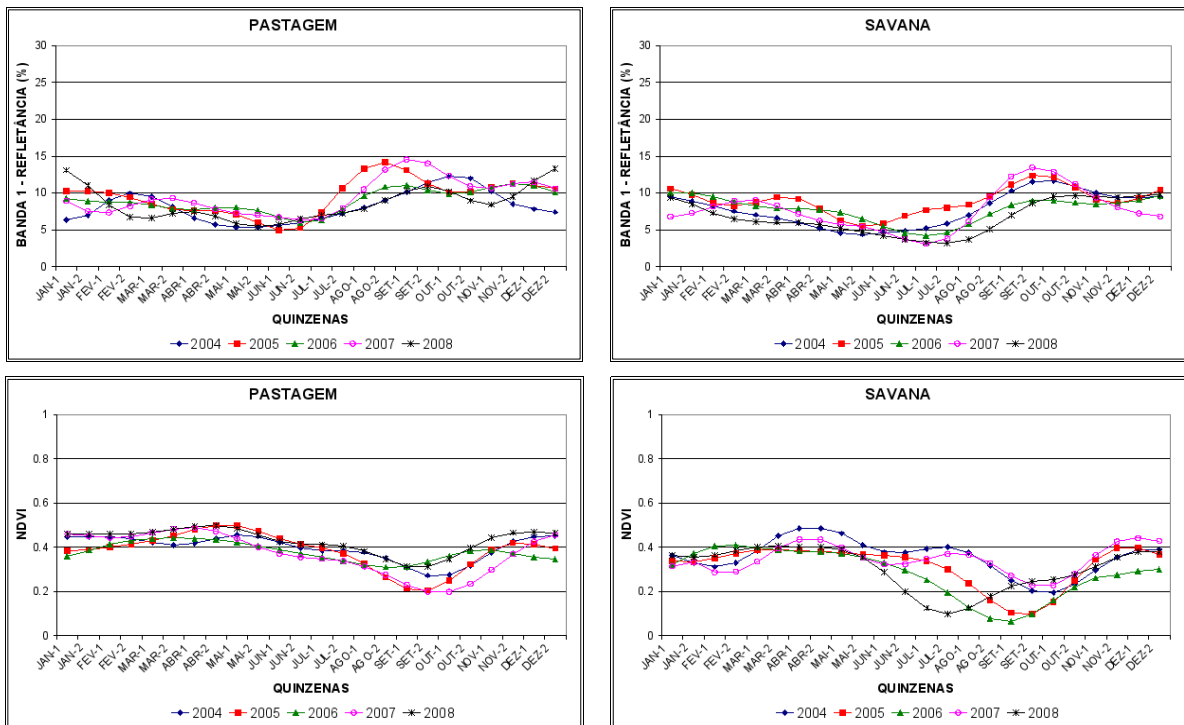
A **Figura 2** apresenta alguns produtos gerados pelo NAVPRO da Bacia do Alto Paraguai referente a imagem do dia 14/08/2005 do NOAA-17.



**Figura 2.** Produtos da imagem de 14/08/2005 do NOAA-17 da Bacia do Alto Paraguai.

Os valores mais elevados de NDVI aparecem em vermelho e representam áreas de maior biomassa com maior presença de vegetação. Os valores mais baixos aparecem em verde ou azul e representam áreas de baixa biomassa, como solo exposto e alagadiços. Já a Banda 1 possui característica oposta, onde as áreas de solo exposto e alagadas de baixa biomassa, possuem valores maiores que as áreas de vegetação de maior biomassa, devido à absorção da radiação eletromagnética na faixa do vermelho pela clorofila presente nas células vegetais.

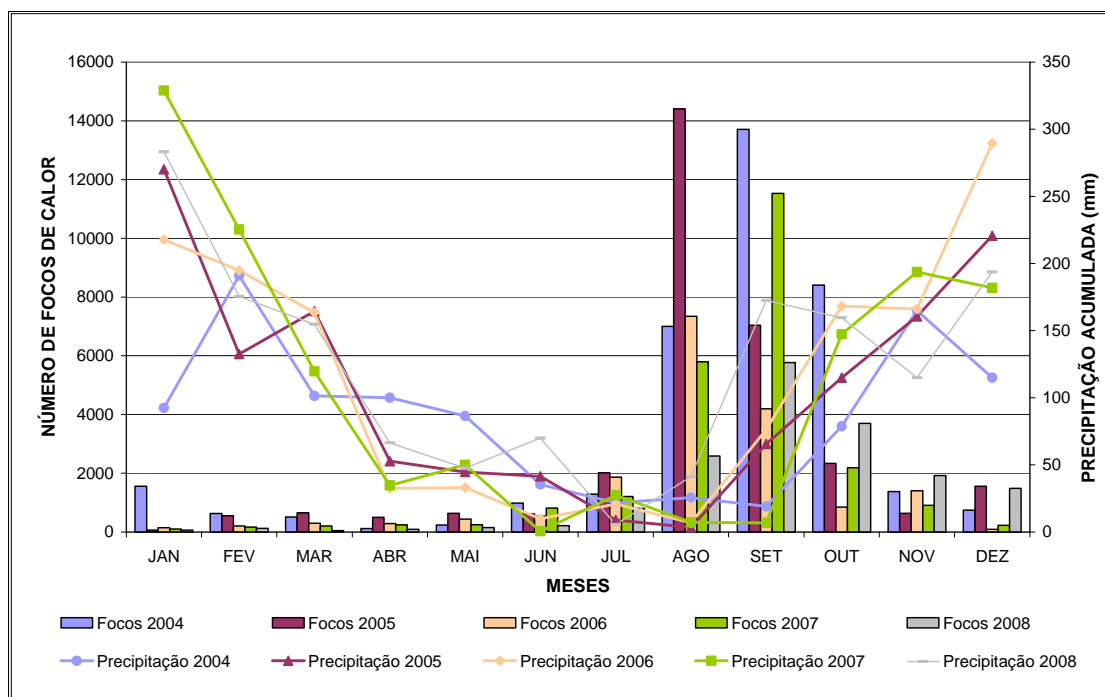
A **Figura 3** mostra os gráficos dos perfis temporais baseados nas composições máximas quinzenais da Banda 1 e do NDVI, de uma área de pastagem e outra de savana, analisadas entre 2004 a 2008.



**Figura 3.** Variação temporal da Banda 1 e do NDVI de uma área de pastagem e outra de savana analisadas nos anos de 2004 a 2008.

A partir da análise dos gráficos pode-se notar que as áreas de pastagem e savana analisadas possuem um comportamento espectro-temporal semelhante. Os valores do NDVI diminuem e os da Banda 1 aumentam nos meses de agosto, setembro e outubro durante a seca e, de modo oposto, os valores do NDVI aumentam e os da Banda 1 diminuem no período de chuva. De forma geral, os valores de NDVI podem decrescer de 0,50 para 0,10 e os valores do fator de refletância da Banda 1 podem aumentar de 5% para 15%. Esse comportamento inverso do NDVI e da Banda 1 está relacionado ao baixo vigor vegetativo das áreas de pastagem e de savana em que a vegetação pode estar seca ou alagada durante os meses de agosto, setembro e outubro e de um maior vigor da cobertura vegetal no período de chuva.

A **Figura 4** mostra o gráfico dos focos de calor detectados pelos satélites NOAA em conjunto com dados de precipitação acumulada mensal, na Bacia do Alto Paraguai, dos anos de 2004 a 2008.



**Figura 4.** Focos de calor e precipitação acumulada mensal na Bacia do Alto Paraguai de 2004 a 2008. Fonte: INPE (2009) e Agritempo (2009).

Nos anos de 2004 a 2008, pode-se observar que a maioria dos focos de calor na Bacia do Alto Paraguai ocorreu nos meses de agosto, setembro e outubro, durante o período de seca com baixa precipitação. Especificamente em setembro de 2004 e agosto de 2005, foram detectados pelos satélites NOAA em torno de 14000 focos de calor, fato este relacionado a grandes estiagens que ocorreram nesses anos, conforme apontado pelo volume de precipitação acumulada mensal abaixo de 10mm nesses meses.

A sobreposição dos focos de calor aos dados AVHRR-NOAA em datas de eventos extremos dos meses de agosto, setembro e outubro de 2004 a 2008, permitiu a análise do comportamento de queda do NDVI e de aumento da Banda 1, podendo-se então adaptar os limiares do algoritmo de Volpato (2002). Assim, valores do fator de refletância da Banda 1 maiores que 5% e valores do NDVI menores que 0,40, podem estimar alto grau de risco de incêndio.

A partir disso, foi realizado o mapeamento do risco de incêndio na Bacia do Alto Paraguai com os produtos Banda 1 e NDVI das imagens AVHRR-NOAA diárias, durante os

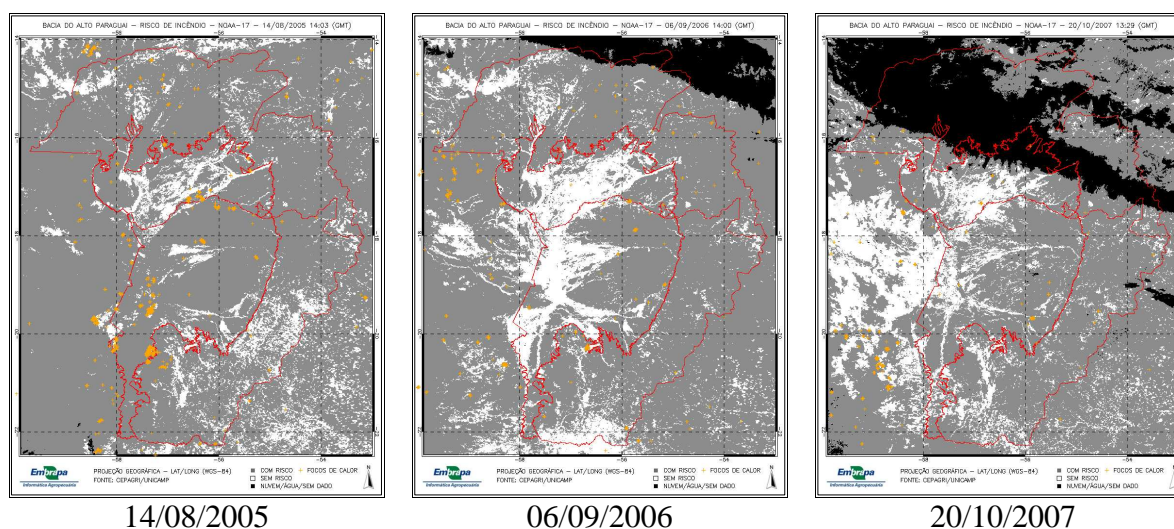
períodos de seca da série temporal. A **Tabela 3** mostra o número de focos de calor e a porcentagem dos focos localizados em áreas de alto risco de incêndio, em imagens selecionadas dos meses de agosto, setembro e outubro, do ano de 2004 a 2008.

**Tabela 3.** Focos de calor detectados em áreas de alto risco de incêndio.

Imagem	Número de Focos	Focos Alto Risco (%)
16/08/2004	652	85,4
07/09/2004	1499	94,2
08/10/2004	1868	97,1
14/08/2005	793	90,5
19/09/2005	624	95,2
10/10/2005	95	81,9
24/08/2006	377	91,4
06/09/2006	908	90,5
29/10/2006	320	55,2
15/08/2007	244	77,4
02/09/2007	62	98,3
20/10/2007	250	78,3
31/08/2008	49	86,9
09/09/2008	41	97,6
13/10/2008	117	98,8

Pela análise dos resultados, observou-se que em média 87,9% dos focos de calor ocorreram em áreas de alto risco de incêndio, nos meses de seca desse período, mostrando que os mapas de risco gerados apresentaram bons acertos. Exceção feita para imagem do dia 29/10/2006, onde apenas 55,2% dos 320 focos de calor ocorreram em áreas de alto risco de incêndio e os demais 44,8% em áreas de baixo risco. Isso se explica pelo fato de ter havido em outubro de 2006 uma precipitação acumulada de 175 mm, a maior em comparação com os outros meses de outubro da série temporal.

A **Figura 5** apresenta o mapa de risco de incêndio na Bacia do Alto Paraguai das imagens de 14/08/2005, 06/09/2006 e 20/10/2007 do NOAA-17, sobrepostas com os focos de calor.



**Figura 5.** Mapas de risco de incêndio e focos de calor de imagens AVHRR-NOAA da Bacia do Alto Paraguai.



As áreas de alto risco de incêndio aparecem em cinza e são caracterizadas pela vegetação seca com reduzido vigor vegetativo, onde foram detectados a maioria dos focos de calor identificados pelos símbolos em laranja. As áreas brancas são de baixo risco de incêndio e correspondem a vegetação mais úmida. Pela análise temporal, pode-se observar que a medida que a precipitação aumenta, diminuem sensivelmente as áreas de alto risco de incêndio, durante a transição da estação seca para a estação chuvosa.

O mapeamento do risco de incêndio a partir de dados AVHRR-NOAA demonstrou ter forte correlação com os focos de calor detectados nas imagens NOAA. No período de seca na Bacia do Alto Paraguai, nos meses de agosto, setembro e outubro de 2004 a 2008, a umidade da vegetação decresce, caracterizada pela diminuição dos valores do NDVI e aumento do fator de refletância da Banda 1, proporcionando a condição para ocorrência dos incêndios. Esse comportamento indica a sensibilidade dos dados da Banda 1 da faixa do vermelho e NDVI a eventos de possíveis incêndios.

Embora de baixa resolução espacial, o mapeamento do risco de incêndio utilizando dados AVHRR-NOAA é bastante dinâmico e pode prover informações com alta frequência das variações do risco de incêndio relacionadas as variáveis meteorológicas, principalmente a precipitação. O fator essencial na determinação do risco de incêndio é saber o quanto a vegetação está seca. A resposta da vegetação as variáveis meteorológicas é de fato extremamente complexa e está relacionada a vários fatores ambientais, o que torna difícil a modelagem das condições reais da umidade da vegetação.

## 5. Conclusões e Sugestões

Os resultados deste trabalho mostraram o potencial de mapeamento do risco de incêndio utilizando dados AVHRR-NOAA durante o período de seca na Bacia do Alto Paraguai, que pode ser aplicado para prever o comportamento de queimadas em áreas de pastagens e savanas.

A análise dos perfis temporais da Banda 1 e do NDVI durante a seca, em conjunto com os focos de calor detectados nas imagens NOAA, permitiu caracterizar o decréscimo da umidade da vegetação que proporciona a condição para ocorrência de incêndios. Valores do fator de refletância da Banda 1 maiores que 5% e valores do NDVI menor 0,40, podem estimar alto grau de risco de incêndio.

As ferramentas computacionais aplicadas neste estudo foram fundamentais por aliar precisão e automação na análise e tratamento do grande número de imagens da série temporal de cinco anos.

Para melhoria deste trabalho sugere-se agregar mapas temáticos de tipos de vegetação, incorporar outros produtos espectrais como a temperatura de superfície e, também, utilizar imagens de satélite de melhor resolução espacial para aumentar o detalhamento da superfície.

O método de mapeamento do risco de incêndio mostrou ser viável e pode ser refinado para integrar os sistemas de prevenção de incêndio para alerta de queimadas e para tomadas de decisão para controle do fogo.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem o Cepagri/Unicamp por ceder as imagens NOAA deste trabalho.

## 7. Referências

Chen, P. Y., Srinivasan, R., Fedosejevs, G., Narasimhan, B. An automated cloud detection method for daily NOAA-14 AVHRR data for Texas, USA. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 15, p. 2939-2950, 2002.

- Diário Corumbaense *online*. **Corumbá registra mais de 950 focos de queimadas somente em maio**. Disponível em <<http://www.diarionline.com.br/index.php?s=noticia&id=1176>>. Acesso em 24 ago. 2009.
- Embrapa Informática Agropecuária; Cepagri/Unicamp. **Agritempo**. Disponível em <<http://www.agritempo.gov.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2009.
- Emery, W. J.; Baldwin, D.; Matthews, D. Maximum Cross Correlation Automatic Satellite Image Navigation and Attitude Corrections for Open Ocean Image Navigation, **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 1, p. 33-42, 2003.
- Esquerdo, J. C. D. M.; Antunes, J. F. G.; Baldwin, D. G.; Emery, W. J.; Zullo JR, J. An automatic system for AVHRR land surface product generation. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 18, p. 3925-3942, 2006.
- França, G. B.; Cracknell, A.P. A simple cloud masking approach using NOAA AVHRR daytime data for tropical areas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 16, p. 1697-1705, 1995.
- Goodrum, G.; Kidwell, K.; Winston, W. (Editors) **NOAA KLM User's guide**. September 2000 Revision. Disponível em <<http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm>>. Acesso em: 15 mar. 2004.
- Holben, B. N. Characteristics of maximum value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 11, p. 1417-1435, 1986.
- INPE. **Queimadas: monitoramento de focos**. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em: 18 ago. 2009.
- Prefeitura Municipal de Corumbá. **Corumbá une forças para combater queimadas no Pantanal**. Disponível em <<http://www.corumba.ms.gov.br/modules/news/article.php?storyid=5892>>. Acesso em 24 ago. 2009.
- Roerink, G. J.; Menenti, M.; Verhoef, W. Reconstructing cloudfree NDVI composites using Fourier analysis of time series. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 9, p. 1911-1917, 2000.
- Rosborough, G. W.; Baldwin, D. G.; Emery, W. J. Precise AVHRR image navigation. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 32, n. 3, p. 644-657, 1994.
- Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington, D. C., 1973. **Proceedings...** Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973. v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).
- Soares, R. V. Desempenho da fórmula de Monte Alegre: o índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **Revista Cerne**, v. 4, n. 1, p.87-98. 1998.
- Volpato, M. M. L. **Imagens AVHRR-NOAA para determinação do potencial de incêndios em pastagens**. 97p. (Tese de Doutorado). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. 2002.