

Avaliação temporal de focos de calor no estado do Paraná (1999 a 2006)

Luisnei Martini¹
Flávio Deppe¹
Marciel Lohmann¹

¹ Instituto Tecnológico SIMEPAR
Caixa Postal 19100 - 81531-980 – Curitiba - PR, Brasil
{luisnei, deppe, marciel}@simepar.br

Abstract. This work presents a study about the occurrence of hot spots detected by AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) sensor, in Paraná state, Brazil, during 2006. The comparative analysis was carried out using data from a daily Forest Fire Index, called “Índice de Monte Alegre” (IMA). The hot spots were mapped in a monthly basis indicating the spatial occurrence in Paraná state. Therefore, it was possible to define regions which presented highest incidence of hot spots during 2006. Also, it was possible to define specific days presenting more hot spots. These hot spots were then plotted into the daily Forest Fire Index maps. The objective was to compare hot spots with the high values of the Forest Fire Index, for the selected days. The analysis can be used to validate hot spots detection, as well as to produce valuable information to government agencies such as fire brigades corporations, in order to plan their activities of fire prevention and firefight.

Palavras-chave: hot spots, Forest Fire Risk, focos de calor, Risco de Incêndio Florestal, NOAA 12.

1. Introdução

A maioria dos incêndios florestais no estado do Paraná ocorre entre os meses de maio a setembro, normalmente neste período, os índices pluviométricos são baixos e também ocorre a formação de geadas, fazendo com que a vegetação (pastagens, capoeira ou florestas) torne-se seca, com um vigor vegetativo baixo ou nulo, favorecendo o início e/ou a propagação de incêndios florestais, conforme Deppe (2004).

Os danos provocados pelos incêndios, além das perdas econômicas diretas, causam outros efeitos adversos, difíceis de avaliar, como danos ao solo, fauna e recursos hídricos. Isto ocorre não apenas em áreas de florestas plantadas, mas também em florestas nativas, com irreparáveis perdas de na fauna e flora.

O monitoramento do índice de Risco de Incêndio Florestal aliado ao monitoramento de variáveis meteorológicas possui grande importância na caracterização de regiões que apresentam potencialidades de ocorrência destes incêndios. Por exemplo, em função da possibilidade de identificação de regiões que possuem déficit de chuva, baixa umidade e também com a ocorrência de geadas (ocasionando o aumento da combustibilidade da vegetação), o que de maneira conjunta, caracteriza o potencial de ocorrências de incêndios.

Informações referentes aos Índices de Risco de Incêndio Florestal proporcionam subsídios às seguintes atividades: (i) Prevenção de incêndios, (ii) Combate aos incêndios, (iii) Dimensionamento de equipes, (iv) Dimensionamento de infra-estrutura, (v) Planejamento de ações de manutenção, (vi) Vigilância e monitoramento de incêndios.

A utilização dos Índices de Risco de Incêndio Florestal no estado do Paraná foi incentivada pelo incêndio ocorrido em 1963, o qual destruiu uma área de 2.000.000 de hectares (aproximadamente 10% da área total do estado) na região de Tibagi, neste incêndio foram destruídos diversos tipos de vegetação, causando um dano irreparável à Fauna e a Flora da região. O Índice de Monte Alegre (IMA), desenvolvido por Soares (1972), vem sendo utilizado por diversas empresas e instituições para estimar o grau de perigo de incêndio e subsidiar atividades de prevenção e combate a incêndios.

Neste trabalho é realizada uma comparação entre os focos de calor detectados pelo sensor AVHRR do satélite NOAA 12, com passagens noturnas, no ano de 2006 em comparação com os anos anteriores, além de se verificar os valores diários de Riscos de Incêndios Florestais. O processamento das imagens de satélite, bem como a extração destes focos de calor é realizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), que disponibiliza estas informações, além da documentação técnica sobre o processamento das imagens, através do seu sítio na internet, <http://www.inpe.br>, conforme citado em Deppe (2004).

2. Risco de Incêndio Florestal

O Risco de Incêndio Florestal é calculado levando em conta a formulação matemática para o Índice de Monte Alegre, para o estado do Paraná são utilizados os dados da rede telemétrica de estações meteorológicas do SIMEPAR. As estações meteorológicas realizam coleta de dados de temperatura, umidade, precipitação, vento entre outras variáveis. Os dados meteorológicos são coletados automaticamente pelas estações, com frequência de 1 em 1 minuto, sendo que ao final de cada hora são calculadas estatísticas referentes ao período, como média, valores máximos e mínimos de cada hora. As estatísticas horárias são transmitidas ao satélite GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) em intervalos de 3 em 3 horas, que os retransmite ao SIMEPAR em Curitiba, PR. Cada transmissão fornece as estatísticas dos dados horários durante o intervalo de 3 horas, conforme Deppe (2004).

O Índice de Monte Alegre (IMA) foi desenvolvido a partir de dados da região central do Paraná (Soares 1972) e considera o Risco de Incêndio Florestal como função de duas variáveis: chuva diária e umidade relativa do ar às 13:00h. O IMA é acumulativo, ou seja, quanto mais longa for a seqüência de dias com baixa umidade relativa e sem chuva, maior será o risco climático de incêndio florestal. Dependendo da intensidade da chuva ocorrida, o índice sofre abatimentos em seus valores. Quando a chuva diária exceder 12,9 mm o IMA volta a zero, e o Risco de Incêndio Florestal é nulo. A **Equação 1** representa a fórmula utilizada para o cálculo do Índice de Monte Alegre.

$$IMA = \sum_{i=1}^n \frac{100}{H} \quad (1)$$

onde:

IMA = índice de Monte Alegre

H = umidade relativa do ar em %

n = número de dias sem chuva

O **Quadro 1** apresenta os valores de abatimento do índice conforme a chuva ocorrida, à medida que o **Quadro 2** mostra a relação entre o código de cores e os valores do índice de Monte Alegre.

Quadro 1 – Abatimento do IMA conforme a chuva ocorrida

Chuva diária (mm)	Modificações no cálculo
< 2,5	Nenhuma
2,5 – 4,9	Abater 30% no IMA calculado na véspera e somar o IMA do dia
5,0 – 9,9	Abater 60% no IMA calculado na véspera e somar o IMA do dia
10,0 – 12,9	Abater 80% no IMA calculado na véspera e somar o IMA do dia
> 12,9	Interromper o cálculo e recomeçar a somatória no dia seguinte

Quadro 2 - Severidade do Índice de Monte Alegre

Risco de Incêndio	Índice Monte Alegre
Nulo	$\leq 1,0$
Baixo	1,1 - 3,0
Moderado	3,1 - 8,0
Elevado	8,1 - 20,0
Extremo	$> 20,0$

Para se obter informações representativas no espaço, as informações pontuais do IMA foram extrapoladas para todo o território paranaense por meio de técnicas geostatísticas de interpolação.

O método utilizado para espacialização foi o kriging com semi-variograma exponencial, existente na extensão Spatial Analyst do software ArcGIS 9.1. Este método utiliza uma expressão polinomial para ajustar uma superfície analítica que inclua todos os pontos amostrais. O objetivo é que a interpolação dos valores para cada célula do grid gere uma superfície, na qual a declividade em todos os pontos seja obtida, minimizando-se a curvatura total. O resultado da interpolação é uma superfície suavizada. Este método é melhor para superfícies que variam suavemente.

3. Focos de calor

Os focos de calor utilizados aqui são oriundos do sistema de detecção do INPE / CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos). Maiores detalhes sobre o referido sistema, bem como a documentação técnica referente aos algoritmos de detecção de focos de calor pode ser consultada no site www.cptec.inpe.br/queimadas/index_noaa.

Para que ocorra a detecção de focos de calor a partir de uma imagem NOAA/AVHRR três etapas demonstram-se necessárias: (1) Pré-processamento, que corresponde à leitura primária dos dados brutos recebidos dos satélites, registro, navegação e correção geométrica; (2) Processamento, que compreende a calibração, a detecção de nuvens, o controle de qualidade e a correção atmosférica. Posteriormente é realizado o cálculo dos parâmetros geofísicos (temperatura de brilho, radiância e fator de radiância); e (3) Imagens transformadas em parâmetros físicos são então utilizadas como dados de entrada para a detecção de focos de calor. A descrição de algoritmos de métodos de detecção de focos de calor pode ser encontrada em Arino et al. (1993), Kennedy et al. (1993), Randriambelo et al. (1998), Minko et al. (1998) e Justice et al. (1996).

4. Resultados e análises

Até o mês de outubro de 2006, já foram registrados 1876 focos de calor no estado do Paraná (**Figura 1**), que quando comparado com o mesmo período do ano anterior (2005), houve um aumento de 70% nos casos. Durante todo o ano de 2005, foram registrados 1316 focos de calor no estado do Paraná, deste total, 30% dos focos (385 casos) ocorreram somente no mês de agosto, que foi o mês onde houve o maior número destas ocorrências. No ano de 2006 (considerando até o mês de outubro), o mês de agosto também foi o que registrou o maior número de focos de calor, um total de 513 ocorrências, um aumento de 67% em relação a agosto de 2005.

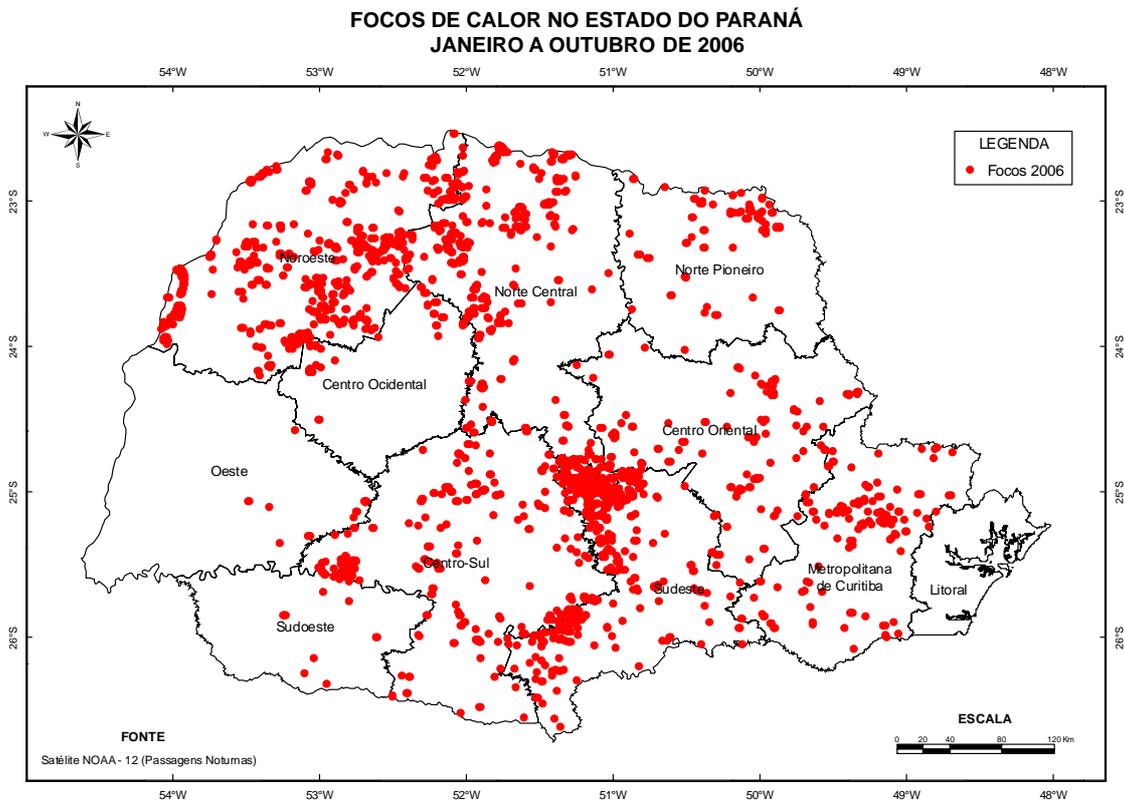


Figura 1 - Distribuição dos focos de calor para o estado do Paraná no ano de 2006.

Analisando as ocorrências destes focos de calor no Paraná, desde o ano de 1999, nota-se que os meses críticos são os de agosto e setembro, conforme pode ser visto no **Gráfico 1**, pois neste período do ano, o índice pluviométrico é baixo comparado com o restante do ano, o que contribui para o surgimento de focos de queimadas, já que o vigor vegetativo das plantas é baixo ou praticamente nulo.

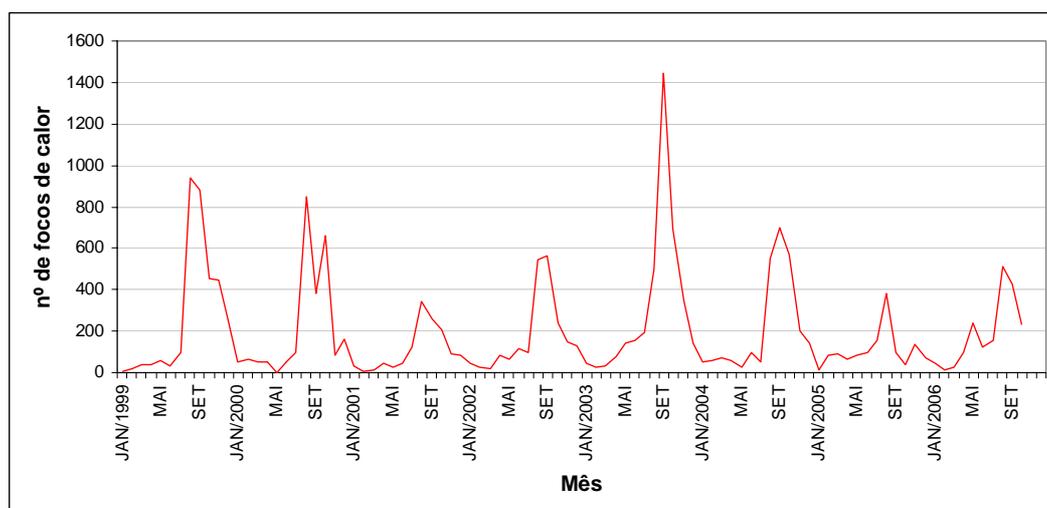


Gráfico 1 - Focos de calor no estado do Paraná entre janeiro de 1999 e outubro de 2006.

Fazendo uma análise específica sobre o mês de agosto, verifica-se que a maioria dos focos registrados ocorre na região sudeste do estado, e em sua grande parte sobre os

municípios de Prudentópolis e de Ivaí, locais onde existe uma grande concentração de pequenas propriedades rurais (**Figura 2**), facilitando a ocorrência de queimadas para a preparação do solo para a agricultura familiar.

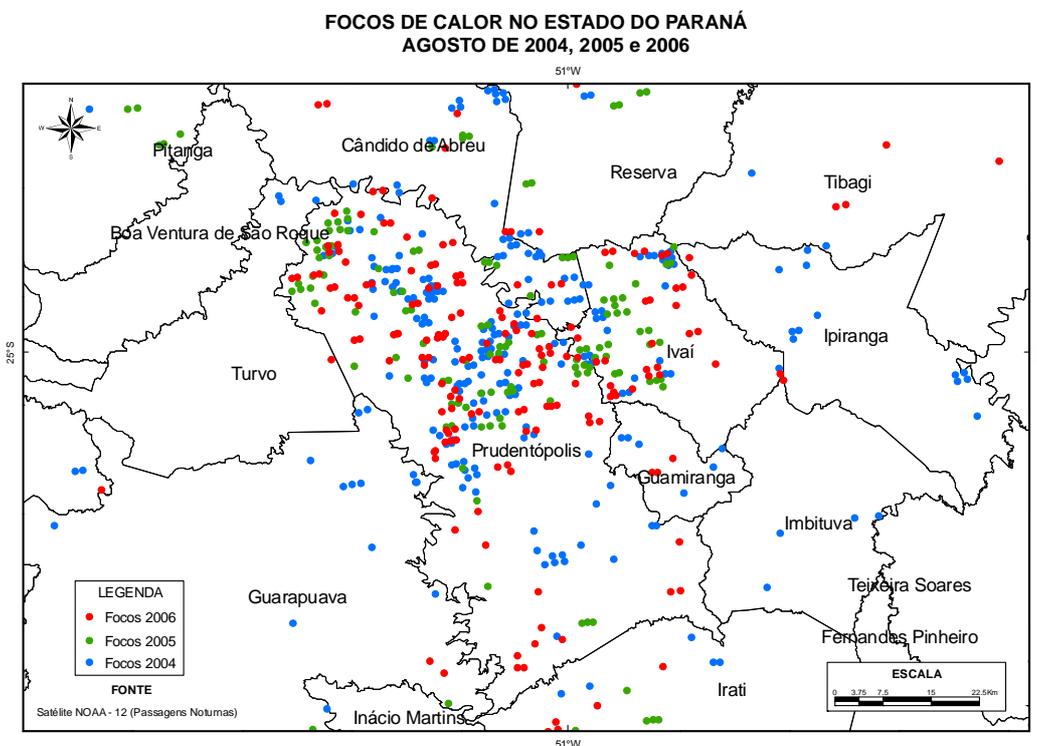


Figura 2 - Focos no mês de agosto nos municípios de Prudentópolis e Ivaí.

Neste mês, durante o ano de 2005, os dias em que houve o maior número de focos de calor (**Figura 3**) foram os dias 02, 22, 23 e 29, enquanto que no ano de 2006, os dias 09 e 25 foram os que apresentaram o maior número diário de focos de calor registrados (**Gráfico 2**).

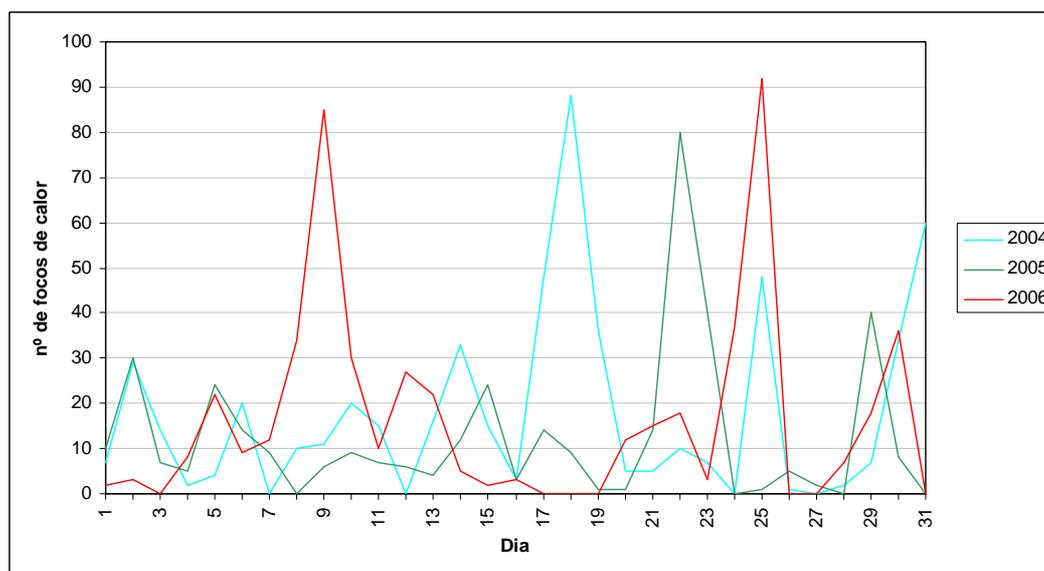


Gráfico 2 - Focos de calor no estado do Paraná nos mês de agosto de 2004, 2005 e 2006.

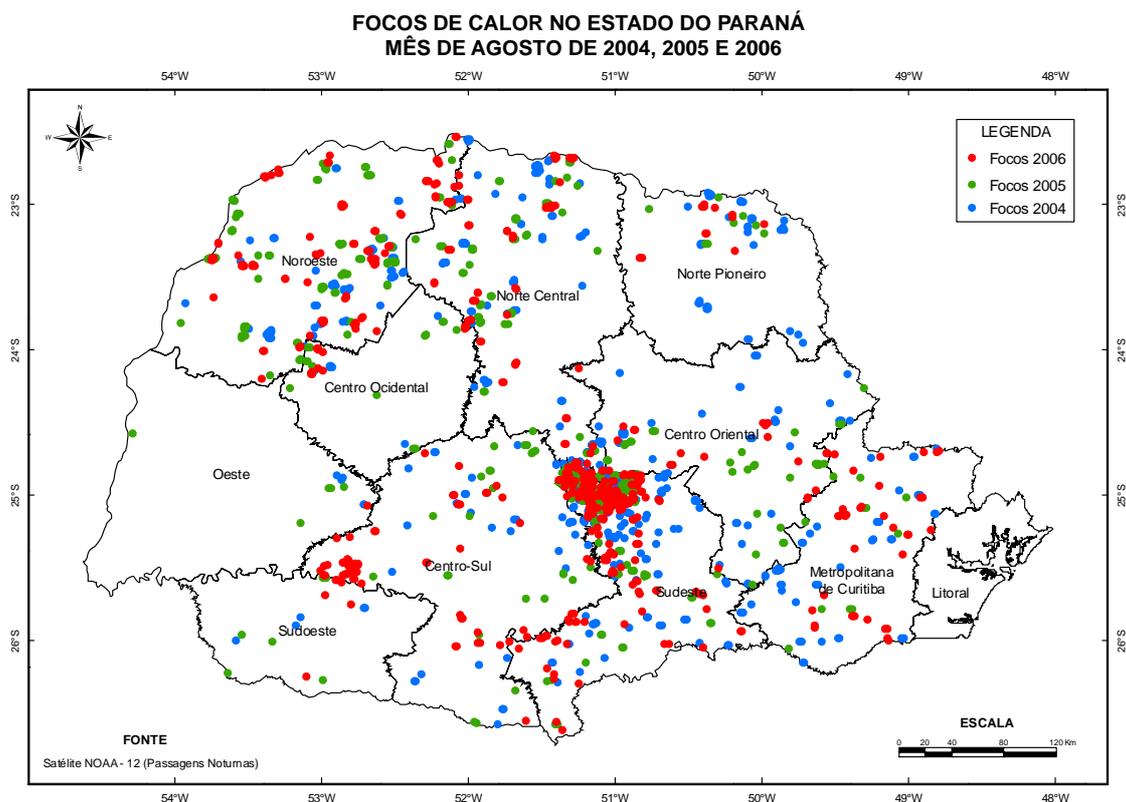


Figura 3 - Focos de calor para o estado do Paraná no mês de agosto de 2004, 2005 e 2006.

Com relação à aplicação do Índice de Monte Alegre nas 6 datas com a maior ocorrência de focos de calor, foi possível verificar que o mesmo possui uma boa correlação com a distribuição espacial dos focos de calor detectados pelo sistema NOAA/AVHRR, pois por exemplo, no dia 22 de agosto de 2005, 49% dos focos detectados apresentaram-se na classe de risco elevado (**Figura 4**) e os outros 51% enquadraram-se na classe de risco extremo, para o dia 09/08/2006, dos 85 focos detectados, 14% enquadraram-se na classe de risco elevado e 86% deles estão na classe de risco extremo (**Figura 5**). O **Quadro 3** apresenta os valores referentes as 6 datas com a maior ocorrência de focos.

Quadro 3 – Número de focos de calor detectados e classificação no Índice de Monte Alegre

	Data	Focos	IMA Nulo	IMA Baixo	IMA Moderado	IMA Elevado	IMA Extremo
1	02/08/2005	30	0	0	0	17	13
2	22/08/2005	80	0	0	0	41	39
3	23/08/2005	40	0	0	0	10	30
4	29/08/2005	40	0	0	0	24	16
5	09/08/2006	85	0	0	0	12	73
6	25/08/2006	92	0	0	0	41	51
	Total	367	0	0	0	145	222
	%	100	0,0	0,0	0,0	39,5	60,5

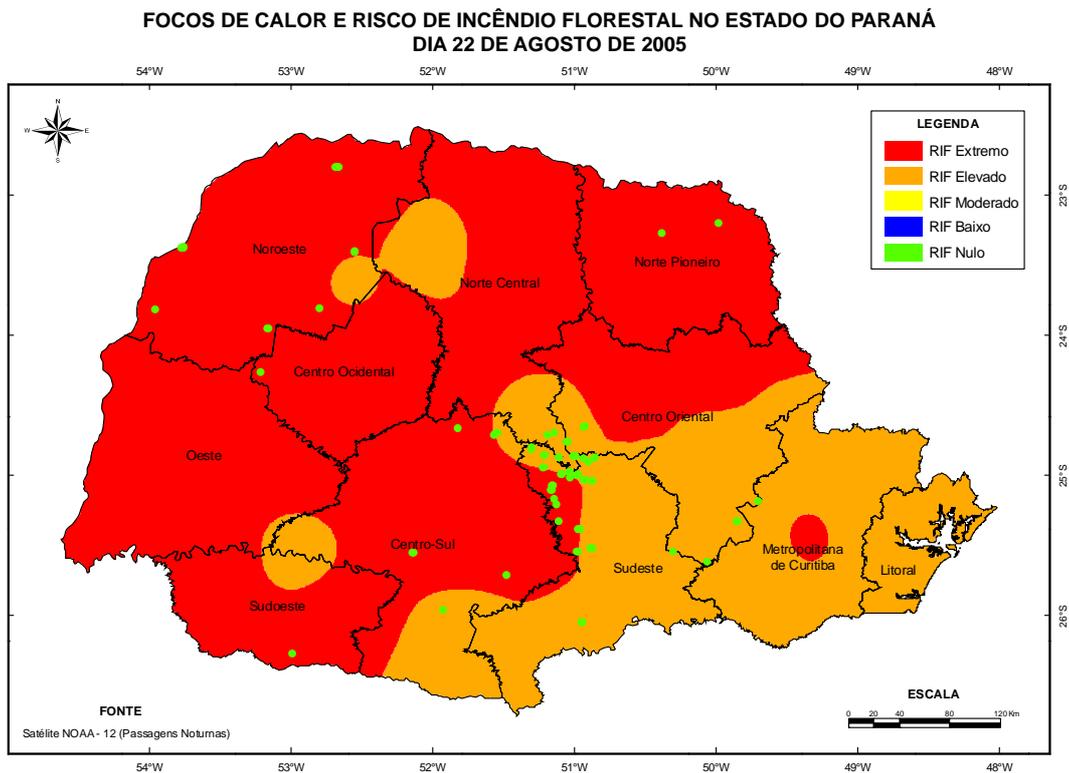


Figura 4 - Focos de calor X Índice de Monte Alegre para o dia 22/08/2005.

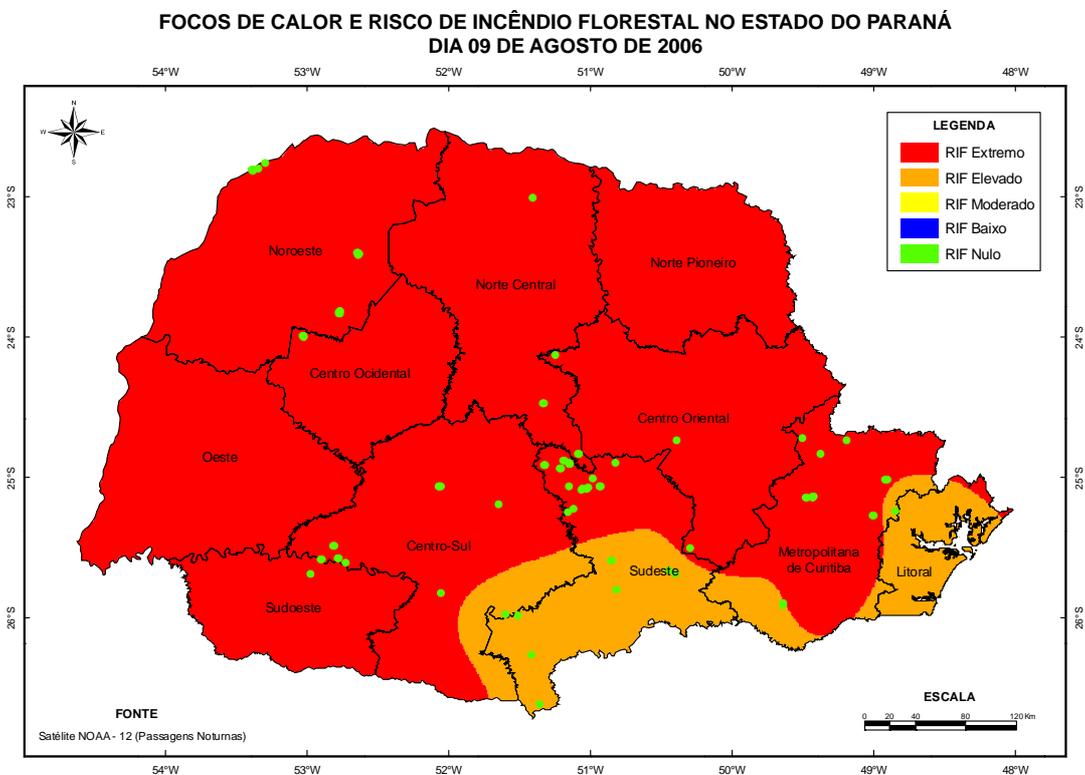


Figura 5 - Focos de calor X Índice de Monte Alegre para o dia 09/08/2006.

Como pode-se observar no **Quadro 3**, de todos os focos analisados nas 6 datas selecionadas, 60,5 % deles estão classificados no Índice de incêndio Florestal como classe

extrema, e os 39,5% restantes estão classificados como elevados. Isto indica uma correlação entre os focos detectados e os Índices calculados em função das variáveis meteorológicas.

5. Conclusão

O Índice Monte Alegre (IMA) demonstrou-se sensível para o estado do Paraná, quando realizada comparação com focos de calor detectados através de imagens NOAA/AVHRR. A comparação também possibilitou verificar a existência de uma correlação entre o IMA e focos de calor, indicando assim, a vulnerabilidade, através das variáveis meteorológicas, de locais propensos a ocorrências possíveis incêndios florestais. Este tipo de análise pode fornecer uma informação mais confiável sobre possíveis incêndios florestais aos órgãos interessados, como a defesa civil e o corpo de bombeiros, para programarem suas ações de combate e prevenção de incêndios.

6. Referências

- Andrews, P. L.; Bradshaw, L. S. Fires. **Fire Information Retrieval and Evaluation System - a Program for Fire Danger Rating Analysis**. United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, General Technical Report INT-GTR-367. 1997.
- Deppe, F.; De Paula. E.V.; Meneghette, C.R.; Vosgerau, J. Comparação de Índice de Risco de Incêndio Florestal com focos de calor no estado do Paraná. **Revista Floresta**. v. 34, 2004.
- Lee, B.S. **Fighting wildland fire with technology**. Edmonton, Alberta, Canada: Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, 2001. 14 p.
- Soares, R.V. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro paranaense, Brasil**. Dissertação de Mestrado - CATIE/IICA, Turrialba, Costa Rica, 1972.