

AVALIAÇÃO INICIAL DO DESEMPENHO DO RISCO DE FOGO GERADO NO CPTEC

Raffi A. Sismanoglu
Cptec/ Ibama/Pnud
Rod. Pres. E. G. Dutra, Km 40 - SP/RJ- C. Paulista - SP - 126300-00
raffi@cptec.inpe.br
Alberto Setzer
Cptec/Inpe
Flávio B. Justino
Cptec/Inpe e Univ. Kiel
Wagner F. Araújo Lima
Cptec/Inpe

Contato EMail: asetzer@cptec.inpe.br

Resumo

Estimativas e previsões de até três dias de [risco de fogo](#) para a vegetação do país são geradas desde 1998 em base diária operacional pelo CPTEC/INPE, em trabalho conjunto com o [PROARCO/IBAMA](#). Este trabalho apresenta avaliação preliminar dos acertos das cinco classes de risco calculadas em relação aos focos detectados pelo AVHRR ("Advanced Very High Resolution Radiometer") do satélite NOAA-12. Os valores de risco são gerados para células de grade com 0,5 graus de latitude e longitude, empregando: interpolação de dados observacionais de temperatura máxima, umidade relativa mínima, precipitação e número de dias consecutivos sem chuvas; cinco classes principais de vegetação e; focos de queimadas detectados por satélites. O modelo incorpora também o histórico da precipitação nos últimos 90 dias até a data de cálculo. Foram analisados os resultados de junho a dezembro de 2001, totalizando cerca de 130.000 focos mapeados pelo NOAA-12. Neste período, que é o mais crítico para o Brasil central quanto à ocorrência de fogo, 90% dos focos ocorreu nas faixas do risco "crítica", "alta" e "média". Para meses de maior incidência, como agosto (~29.000 focos) e setembro (~37.500 focos), este valor foi acima de 95%; nos meses com menos queimadas, como julho (~6.200 focos) e dezembro (~5.500 focos), este acerto foi acima de 65%. Como primeiro modelo nacional de risco de fogo os resultados são considerados satisfatórios; versão futura em elaboração deverá melhorar o desempenho presente.

Abstract

Estimates and three-day forecasts of fire risk for the vegetation of the country have been produced since 1998 by CPTEC/INPE on a daily operational basis in a joint effort with PROARCO/IBAMA. This paper presents a preliminary evaluation for the success rate of the five classes of risk in relation to the fires detected by the AVHRR ("Advanced Very High Resolution Radiometer") onboard the NOAA-12 satellite. The estimates are made for grid cells with 0.5 by 0.5 degrees of latitude and longitude, using: interpolation of observational data of maximum air temperature, minimum relative humidity, precipitation, and number of consecutive dry days; five main classes of vegetation; and fire spots detected by satellites. Data from June to December of 2001 were analyzed, when about 130,000 fires were detected by the NOAA-12. In this period, the most critical to central Brazil regarding the occurrence of fires, 90% of the fires corresponded to the risk classes "critical", "high", and "average". For the months with higher occurrences, as August (~29,000 fires) and September (~37,500 fires), this value was over 95%; for the months with less occurrences, as July (~6,200 fires) and December (~5,500 fires) the score was over 65%. As a first modeling attempt on a national scale the results seem satisfactory; a future version currently under development should further improve the current performance.

1. Introdução

Como parte dos esforços de estudar, monitorar e minimizar o fenômeno das queimadas, o INPE vem desenvolvendo e aprimorando desde a década de 1980 seu sistema operacional de detecção de queimadas em imagens AVHRR ("Advanced Very High Resolution Radiometer") dos satélites NOAA. Após os eventos de queima descontrolada em Roraima de março de 1998 e no sul da Amazônia em 1997, este trabalho passou a ser feito com o [IBAMA](#), dando ênfase particular à Amazônia, sob a denominação PROARCO. Os dados de queimadas são obtidos nas

imagens termais (canal 3, 3.7um) dos satélites meteorológicos NOAA quatro vezes ao dia (Setzer et al., 1992), e em seguida integrados a um sistema geográfico de informações, o [SpringWeb](#), que é utilizado via Internet. As informações são disponibilizadas operacionalmente a usuários cerca de 20 minutos após as passagens dos satélites. Todo País e grande parte da América do Sul são cobertos pelas imagens, pois utiliza-se recepções das estações do INPE em Cachoeira Paulista, SP e em Cuiabá, MT.

Em 1998 foi introduzido um produto preliminar de risco de fogo com abrangência nacional. Constatou-se que índices convencionais em outros países não são válidos para as condições meteorológicas e antrópicas no país. Por exemplo, índices muito usados que se baseiam na convecção vertical traduzem o potencial de ocorrência de raios como causa de incêndios; por outro lado, no Brasil, as queimadas concentram-se no período de secas, quando por meses não ocorrem chuvas e as queimadas são resultado de ação humana proposital. Com a inexistência de produtos de risco de fogo de abrangência nacional, foi criada metodologia específica para seu cálculo, considerando-se: histórico da precipitação nos 90 dias que precedem a data do cálculo, com pesos distintos para o período de ocorrência; tipo de vegetação, considerando-se cinco principais combinadas dos tipos indicados pelo IBGE (1992); temperatura máxima e umidade relativa das 18 h TMG e; a existência de focos de queimada no dia do cálculo. A Figura 1 mostra as curvas temporais do risco adotadas pelo modelo em função dos dias sem chuva e das classes de vegetação (Setzer, 1999), cabendo observar que as mesmas são compensadas pela quantidade e época de ocorrência de chuvas; a Figura 2 mostra um exemplo do mapa de risco "MRF", em sua forma final;

Este trabalho teve por objetivo avaliar a efetividade deste primeiro algoritmo de risco de fogo, e para tanto foram utilizados os dados correspondentes de queimadas detectadas pelo sensor AVHRR ("Advanced Very High Resolution Radiometer") do satélite NOAA-12 no período de junho a dezembro de 2001, quando o mesmo registrou cerca de 130.000 focos.

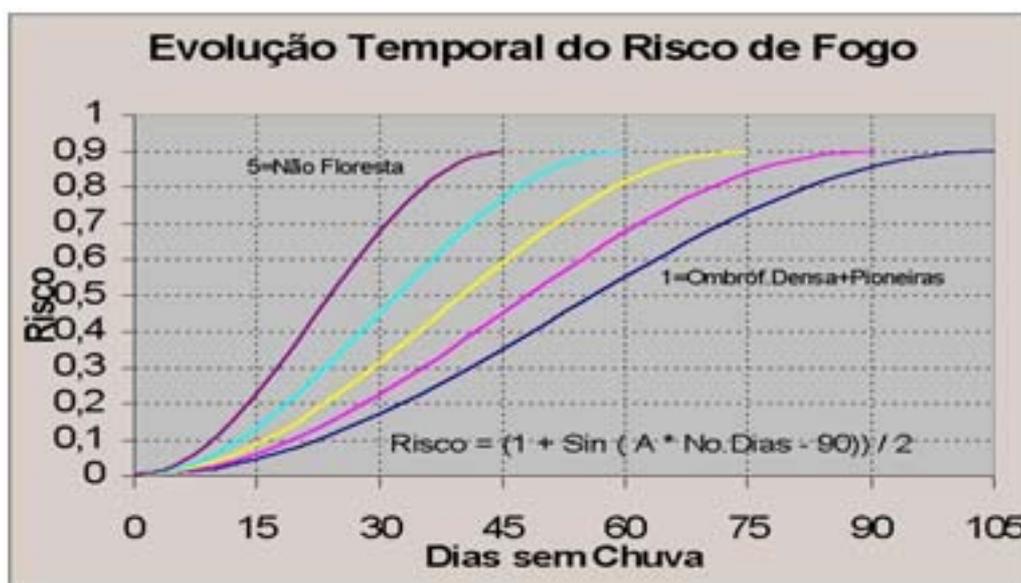


Figura 1. Evolução temporal do Risco de Fogo para cinco tipos de vegetação; adicionalmente, as curvas são compensadas pela quantidade e época de ocorrência de chuvas, e por dados de temperatura máxima e umidade relativa mínima diárias.

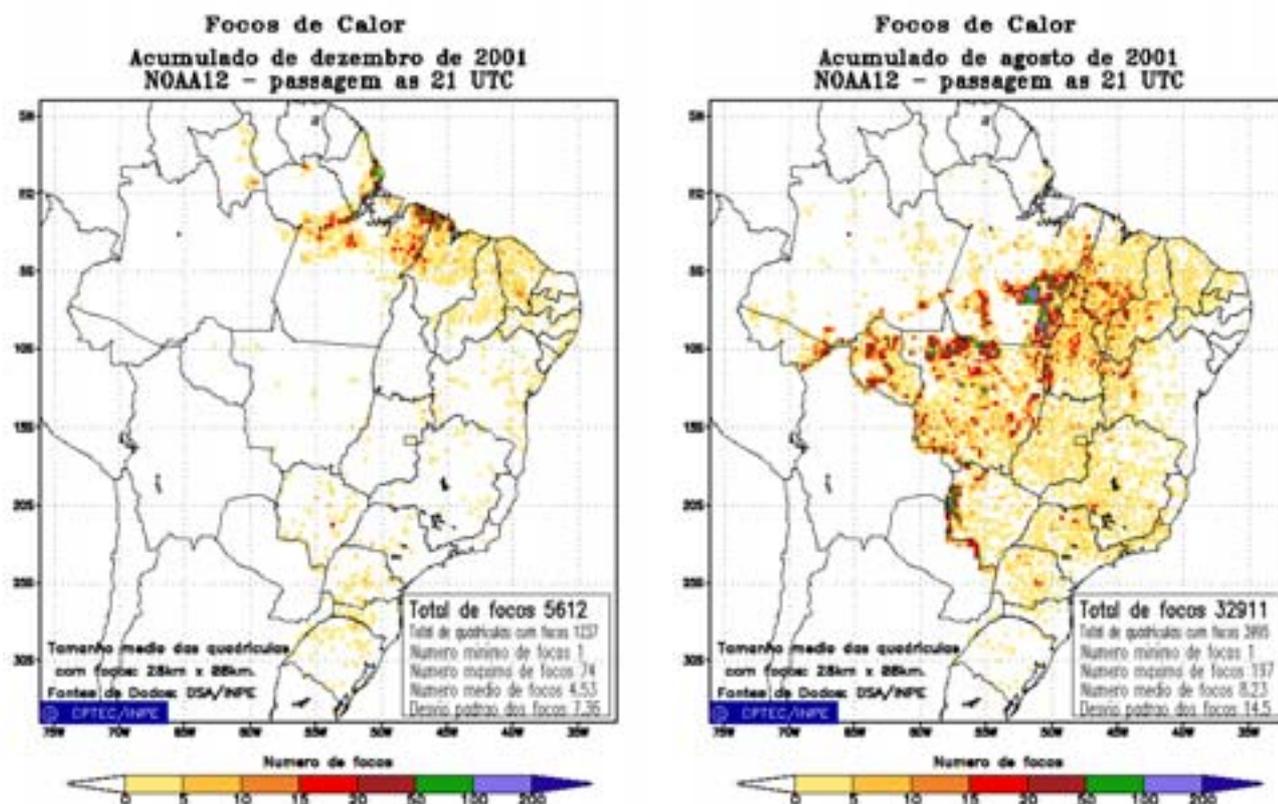


Figura 2 – Mapa de risco de fogo gerado pelo CPTEC com abrangência nacional. (DIR- Mapa dos focos acumulados de dezembro/2001 (menos focos) e ESQ- Mapa dos focos acumulados de agosto/2001 (mais focos).

2. Material e Métodos

Foram analisados os dados de risco de fogo gerados de junho a dezembro de 2001, pois apenas a partir de junho/01 este tipo de informação específica para locais onde são detectadas queimadas passou a ser arquivado regularmente no CPTEC. Os 131.638 focos detectados pelo NOAA-12 no período foram agrupados segundo as cinco classes de risco de fogo calculadas pelo modelo. Em seguida, efetuou-se análise simples de distribuição porcentual para os sete meses.

Casos falhos foram extraídos das planilhas de dados, e decorreram de várias razões, como: resolução com 0,5 graus na grade resultando em focos em células de água; falhas operacionais na geração do risco; e, falta de dados. Os dados aceitos foram agrupados e analisados conforme a Tabela 1 abaixo, onde: a primeira coluna refere-se ao nível de risco calculado; as colunas de 2 a 7 representam a quantidade de focos nas respectivas áreas de risco calculado para cada evento. Por exemplo, no mês de junho, dos 8.386 focos efetivamente registrados pelo NOAA no mês, 276 foram ocorreram em áreas de risco calculado “Mínimo”, 370 focos em risco “baixo”, 353 focos em risco “médio”, 7.323 na classe “alto”, e 64 na “crítico”. A última coluna mostra o acumulado dos meses para os cálculos no período.

Nesta análise de distribuição, considerou-se como estimativa aceitável a condição em que um foco ocorreu em área com os níveis de risco “médio”, “alto” e “crítico”. Em termos numéricos, o valor das faixas de escala dos índices é: mínimo de 0 a 0,15; baixo de 0,15 a 0,40; médio de 0,40 a 0,70; alto de 0,70 a 0,95; e crítico de 0,95 a 1,0.

Risco / Mês	JUN/01	JUL/01	AGO/01	SET/01	OUT/01	NOV/01	DEZ/01	Total
Mínimo	276	83	404	1053	2861	2393	1500	8570
Baixo	370	216	336	2102	2052	1574	506	7156
Médio	353	376	974	2971	2314	1122	649	8759
Alto	7323	4683	23291	28108	20625	9747	2625	96402
Crítico	64	800	4346	3262	1389	663	227	10751
Totais	8386	6158	29351	37496	29241	15499	5507	131638

Tabela 1. Totais mensais dos focos detectados segundo a classe de risco de fogo na área de sua ocorrência.

3. Resultados

A análise dos resultados procurou verificar a distribuição dos focos quanto ao acerto de sua ocorrência ou seja, em áreas com risco de classes média, alta, e crítica. Com os resultados da Tabela 1 foram determinadas as porcentagem de ocorrência de cada um dos cinco níveis de risco com relação ao total de focos do respectivo mês. Estas porcentagem estão apresentadas na Tabela 2. A seguir são mostrados os resultados segundo o mês de estudo.

3.1. Casos mensais.

Normalmente junho caracteriza a época em que os focos começam a aumentar, no início da “temporada” de incêndios no Brasil Central e Sudeste. Neste mês as maiores concentrações ocorreram no Estado de Mato Grosso. A Figura 3 mostra o gráfico com as porcentagens de ocorrência dos cinco níveis em relação aos focos detectados. Dentro dos limites de aceitação definidos, este mês apresentou 93% de confiabilidade para todo País. O número maior de focos em relação a julho é explicado pela estiagem anormal no primeiro semestre de 2001.

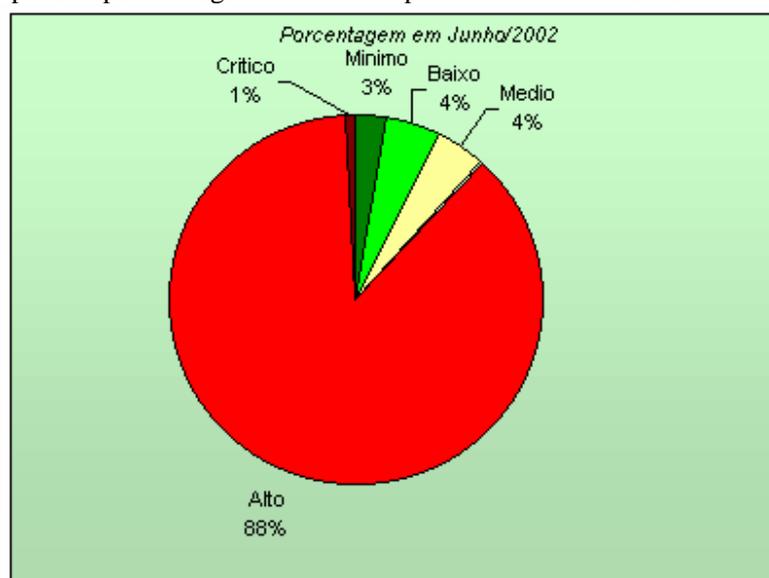


Figura 03 – Distribuição percentual dos focos segundo o risco de fogo em junho/2001

A Figura 4 mostra o gráfico com porcentagens de ocorrência dos cinco níveis de risco em relação aos focos detectados para Julho. Dentro dos limites da aceitação válida, este mês apresentou 95% de confiabilidade em todo o País do risco calculado. Os dados de agosto estão na Figura 5, onde nota-se que dentro dos limites de aceitação houve 98% de confiabilidade do risco de fogo no País.

As porcentagens de ocorrência dos cinco níveis para agosto estão na Figura 6, apresentando 91% de confiabilidade no País para o risco calculado. Na Figura 7, o gráfico com porcentagens apresenta para outubro 83% de confiabilidade. Em novembro, a Figura 8 indica 75% de acerto na ocorrência de focos em áreas de risco de fogo apreciável. E para dezembro, a Figura 9 mostra 64% de acertos em todo País.

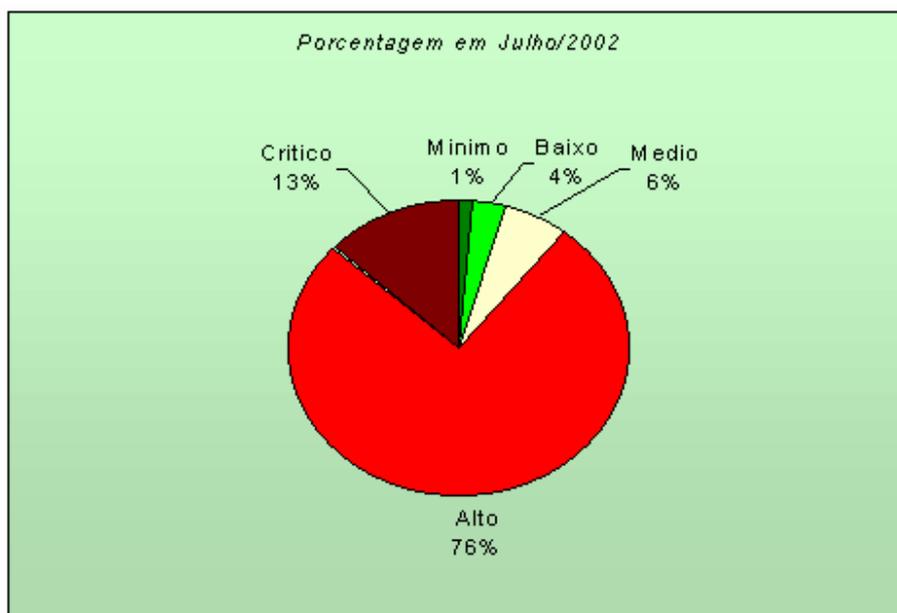


Figura 04 - Resultado porcentual do risco em julho/2001

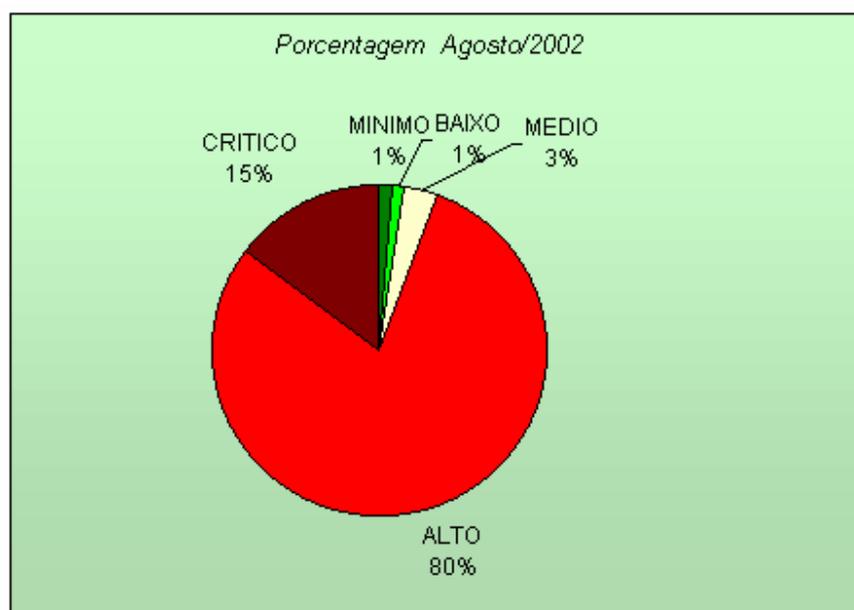


Figura 05 - Resultado porcentual do risco em agosto/2001

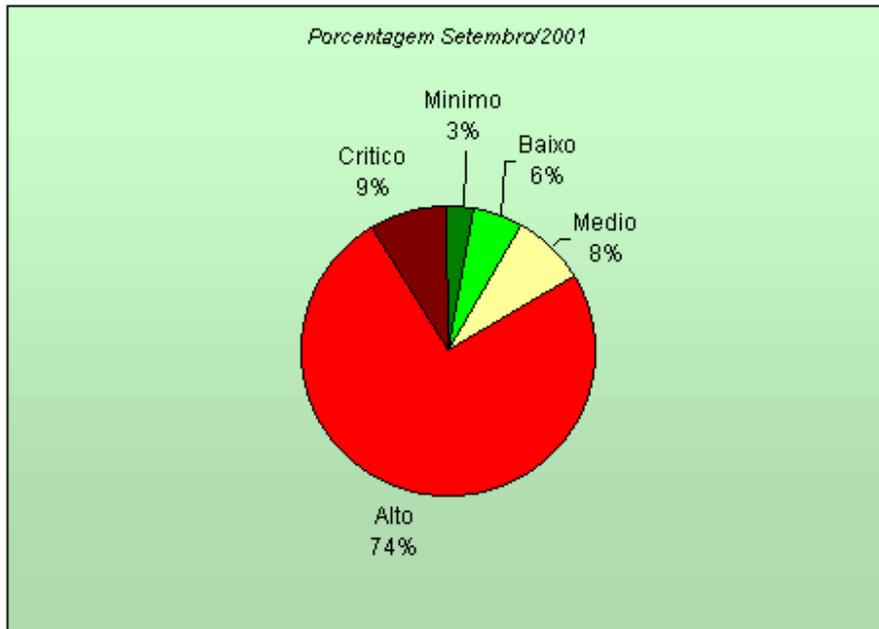


Figura 06 - Resultado porcentual do risco em setembro/2001

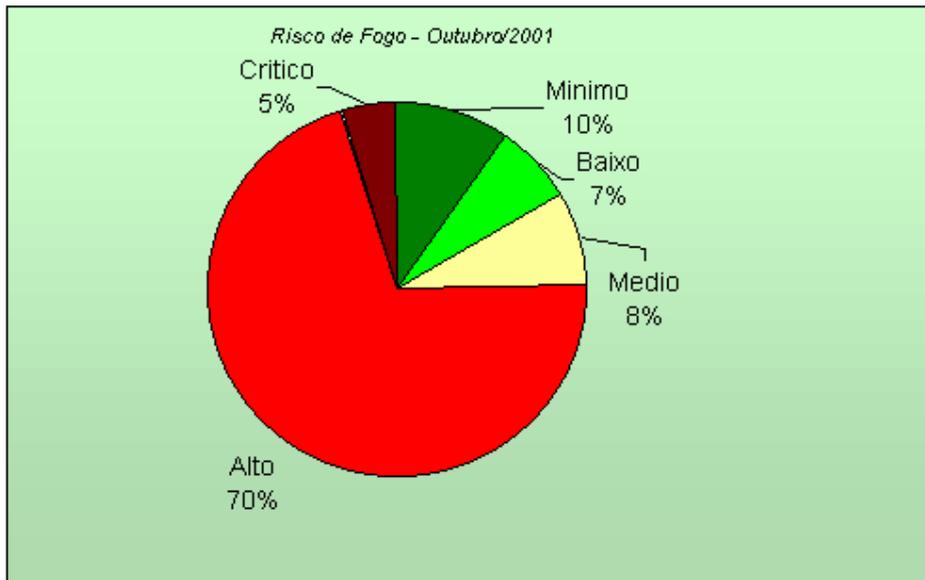


Figura 07 - Resultado porcentual do risco em outubro/2001

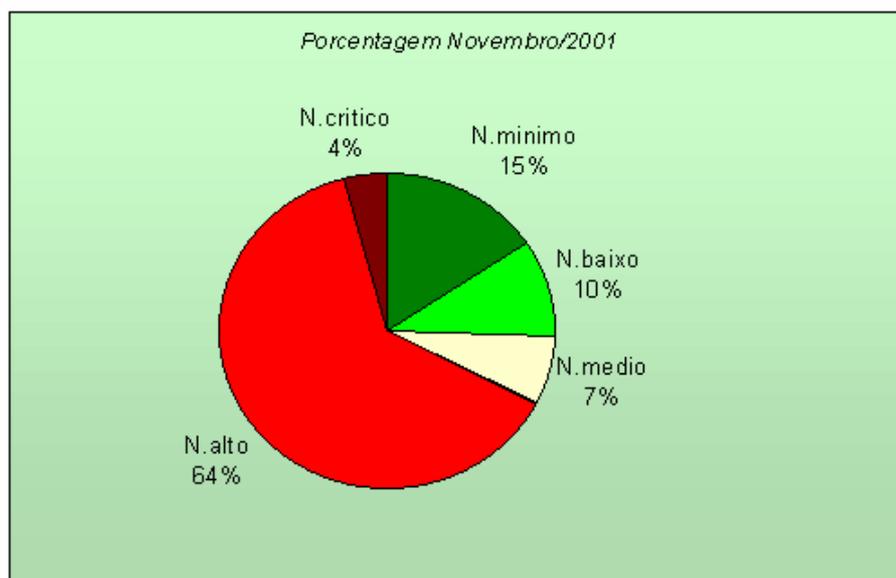


Figura 08 - Resultado percentual do risco em novembro/2001.

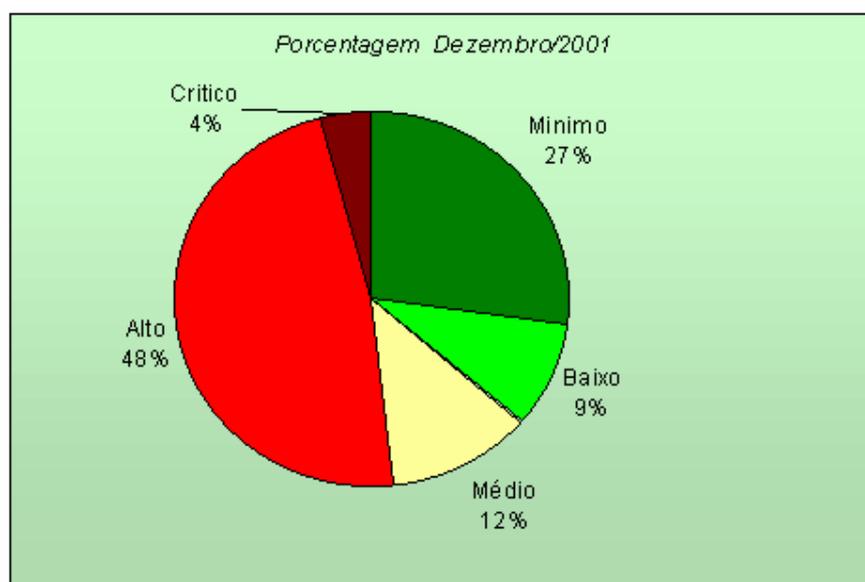


Figura 09 - Resultado percentual do risco em dezembro/2001.

3.2 Síntese do Período.

A Figura 10 mostra a tendência geral do desempenho do modelo de risco de fogo do CPTEC para o período analisado, condensando os dados mensais acima. Nota-se que dezembro apresentou o índice mais baixo de acertos. Quase 30% dos focos ocorreram com risco mínimo, e 10% com risco baixo; as ocorrências com risco alto foram abaixo de 50%. O pequeno número de focos detectados neste período, após a “estação” de queimadas, quando as chuvas são frequentes, pode explicar este resultado. Adicionalmente, fatores externos como baixa densidade de dados meteorológicos, pode ter contribuído para estimativas imprecisas do risco de fogo.

Por outro lado, o mês de Julho apresentou resultados opostos aos de dezembro, apesar de também terem sido observados poucos focos de calor nesse mês. Também os meses com maior número de focos apresentaram resultados favoráveis, com índices de aceitação na faixa de 90%. Agosto apresentou o máximo, 98%, seguido de julho com 95%, junho com 93%, setembro com 91%, outubro com 83% ,e novembro com 75%.

XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002

A tendência de queda no índice de acertos nos meses chuvosos de poucos focos deverá ser melhor detalhada em pesquisas futuras. Em linhas gerais, a primeira versão do modelo mostrou-se eficaz, principalmente nos períodos críticos dentro do universo de focos detectados em todo o País.

É interessante também notar o padrão das curvas dos valores extremos dos casos na Figura 10: o valor de risco mínimo cresce simultaneamente ao decréscimo temporal do valor do risco alto. Neste mesmo gráfico, observa-se nos primeiros quatro meses que os valores de risco mínimo e baixo permanecem constantes ao longo do tempo, abaixo do patamar de 5%, enquanto que a contribuição risco crítico tende a subir, e a do risco alto mantém-se no nível dos 75%. A partir de setembro, até o final do ciclo, a queda dos casos de risco alto evidencia-se ao mesmo tempo que o risco mínimo eleva-se, e o caso crítico situa-se abaixo dos 5%. Ao longo do semestre, os focos detectados em áreas com risco de fogo mínimo, baixo e médio, contribuíram com cerca de 8% dos valores, cada um, enquanto que valores altos do risco compreenderam cerca de 75% das ocorrências.

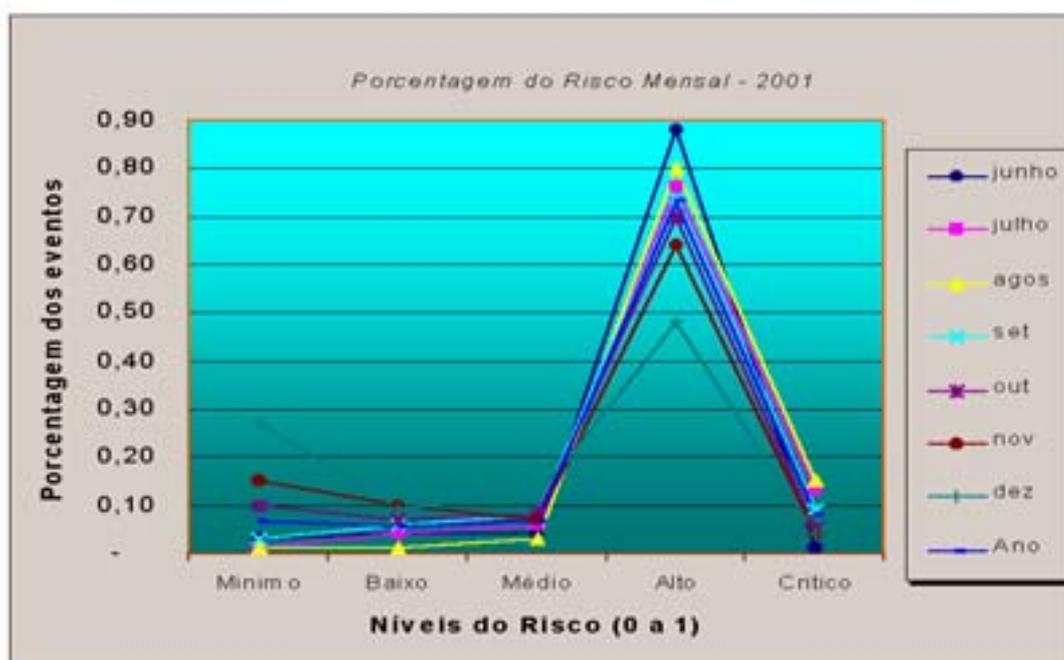


Figura 10 – Porcentagens do risco de fogo estimado aceitáveis ao longo do semestre/2001.

Risco / Mês	JUN/01	JUL/01	AGO/01	SET/01	OUT/01	NOV/01	DEZ/01
Mínimo	0.03	0.01	0.01	0.03	0.10	0.15	0.27
Baixo	0.04	0.04	0.01	0.06	0.07	0.10	0.09
Médio	0.04	0.06	0.03	0.08	0.08	0.07	0.12
Alto	0.88	0.76	0.80	0.74	0.70	0.64	0.48
Crítico	0.01	0.13	0.15	0.09	0.05	0.04	0.04
Totais	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabela 2. Distribuição porcentual mensal dos níveis de risco estimados no período de estudo (decimais usadas apenas para efeito do acerto dos totais)

5. Conclusão.

A avaliação preliminar das estimativas de acertos da primeira versão do modelo de risco de fogo utilizado no Cptec mostrou resultados considerados aceitáveis para os dados do período de sete meses estudados. A margem aceitável da resposta do modelo no contexto nacional foi de 95% em meses críticos, enquanto que para o período todo a margem ficou em 75%. O mês de agosto, o mais seco na região, e de maior ocorrência de queimadas, apresentou o

XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002

melhor desempenho, com 98% de aceitação para ~30.000 focos, enquanto que dezembro, mês chuvoso, teve 65% de aceitação para os ~5.500 focos detectados.

Analises adicionais deverão ser feitas à medida que mais dados são gerados, verificando as tendências de acerto e as avaliações incorretas do risco - em particular nos meses chuvosos. A segunda versão do modelo com abrangência nacional está em elaboração final, a partir de análises das relações empíricas entre a ocorrência de focos de fogo detectados pelo satélite e parâmetros meteorológicos obtidas por Pereira Jr. (2002), devendo supostamente melhorar as margens de acerto desta versão inicial. Aplicações do modelo de risco de fogo com resolução espacial regional, e não nacional, também deverão supostamente aumentar as já razoáveis taxas de acerto.

6. Agradecimentos

Inúmeras pessoas e instituições contribuíram nos últimos anos para o desenvolvimento técnico do risco de fogo apresentado. Agradecemos em ordem alfabética a: Alfredo C. Pereira Jr., Dra. Helena França, Luís E. Maurano, Manoel Cardoso, Kelly Martins, Pedro A. Lagden de Souza, Ricardo Cartaxo M. Souza, Solange S. Souza, Dra. Thelma Krug, CNPq, DSA/CPTEC, FAPESP, Grupo Clima/CPTEC, PROARCO/IBAMA e PNUD.

7. Bibliografia

- Pereira Jr., A., 2002. Desenvolvimento de um modelo de risco de fogo para o Cerrado. Tese de doutorado, Univ.Fed. São Carlos, em conclusão.
- Setzer, A., Pereira, M.C., Pereira Jr, A.C. O uso de satélites NOAA na detecção de queimadas no Brasil. *Climanálise*, 7(8):40-53, agosto/1992.