



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Laudo sobre queimadas e incêndios
na vegetação ocorridos no interior do
Parque Nacional da Serra da Canastra, MG
em agosto de 2008.



Monitoramento de Focos
QUEIMADAS

Equipe Técnica Responsável

Alberto Setzer

Coordenador da equipe de monitoramento de queimadas por satélites do INPE

Fabiano Morelli

Analista/Pesquisador da equipe de queimadas por satélites do INPE

Silvia Cristina de Jesus

Bolsista/Analista da equipe de queimadas por satélites do INPE

Índice

Sumário Executivo deste Relatório	2
Histórico	3
Mapeamento das Cicatrizes de Queimadas	4
Mapeamento de Focos Ativos de Queimadas	8
Apêndices	11

Laudo sobre queimadas e incêndios na vegetação ocorridos no interior do Parque Nacional da Serra da Canastra, MG, em agosto de 2008.

Sumário Executivo deste Relatório

Os resultados apresentados neste documento mostram que durante todo o mês de agosto de 2008 o Parque Nacional da Serra da Canastra, MG, sofreu degradação ambiental como consequência do fogo na vegetação. De seus 197.786 ha, 25.175 ha, ou seja, 13% de sua extensão, queimaram até o dia 28/08/2008; e desta área, a poligonal definida pelo ICMBio em seu trabalho de campo, com 412 ha, representa apenas 1,6% do que foi queimado.

No período específico de interesse em função do Relatório Fiscalização do ICMBio, de 13 a 18/08/2008, foram mapeadas queimadas de diferentes tamanhos e localizações num total de cerca de 10.500 ha no Parque. A comparação entre a poligonal do ICMBio, as cicatrizes mapeadas neste estudo e os focos de queima da vegetação, permitem definir o local exato onde ocorreu o incêndio, e que houve queima no interior da poligonal no dia 13/08/2008. Como não foram detectados focos em outras datas, e a área de interesse não se conecta com outras cicatrizes no Parque, acredita-se que o incêndio teve duração de poucos dias, e eventualmente de apenas um dia.

Não foi possível determinar a localização da origem e autoria do crime, conforme solicitado pela Procuradoria da Republica, devido à baixa resolução espacial das imagens utilizadas na detecção de focos, o que é uma limitação técnica do Sistema de Monitoramento de Queimadas do INPE. Também não foi possível determinar quanto cada propriedade no interior do parque foi afetada por queimadas no período em questão, pela falta de dados dos limites das propriedades.

O texto abaixo apresenta maiores detalhes da execução do trabalho.

Histórico

Foi recebido pelo Diretor do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o Ofício no. 11509/2009/IPL-1760/2009-4-SR/DPF/MG da Polícia Federal de Belo Horizonte, MG, assinado pela Delegada Cristina Amaral Passos Figueiredo em 11/09/2009. Por sua vez, este ofício decorreu do Ofício no. 109/2009-GAB-PRM/PASSOS, datado de 27/01/2009, da Procuradora da República Raquel Cristina Rezende Silvestre, pertinente ao PIC – Processo Investigatório Criminal no. 1.22.004.000178/2008-63, protocolado na SR/DPF/MG sob no. 08350.007404/2009-11, no qual foi solicitado à Autoridade Policial “diligenciar junto ao INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - o local exato onde ocorreu o incêndio” em agosto de 2008 na propriedade denominada Fazenda Chapadão da Guarda Mor, que fica no interior da unidade de conservação (UC) de proteção integral Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), MG.

Previamente, no processo indicado acima, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) procedeu à vistoria no local da infração com elaboração de laudo pericial, documentado no Relatório de Fiscalização no. 30/2008-PNSC de 13/08/2008 e no Laudo Técnico Ambiental no. 99/2008 de 24/11/2008, como parte do Inquérito Policial registrado sob o nº 1760/2009 no Livro Tombo nº 128, Ministério da Justiça, Departamento de Polícia Federal em Belo Horizonte, Minas Gerais. O ICMBio identificou o período de interesse de 13 a 19/08/2008 como o mais provável para a ocorrência das queimadas/incêndios na vegetação no interior do PNSC. O mesmo documento apresentou um mapa e uma lista de coordenadas dos pontos que indicam o local onde foi detectado *in locu*, ou seja, em visita a campo, a extensão da queimada que é objeto do inquérito policial.

As imagens de satélite disponíveis no INPE nada podem acrescentar à perícia realizada em campo pelo ICMBio no que se refere à identificação precisa do perímetro da área queimada. Neste contexto, o INPE pode apenas fornecer subsídios adicionais, complementando as evidências para o processo em questão, por meio do mapeamento das cicatrizes de queimadas e dos focos ativos registrados no mês de agosto/2008 no PNSC e seu entorno. O texto a seguir detalha os procedimentos adotados e os resultados obtidos.

Mapeamento das Cicatrizes de Queimadas

No mapeamento das cicatrizes de queimadas foram utilizadas imagens de satélites de média resolução CCD/CBERS-2B e TM/Landsat-5, cujas características estão na Tabela 1. As imagens foram registradas geograficamente para minimizar os efeitos de distorção geométrica e adequá-las ao sistema geodésico SAD69, projeção UTM, datum zona 21S, de modo que a comparação entre as diferentes datas tivesse a mesma referência espacial.

Para isto foram utilizadas imagens pré-registradas da *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* disponíveis na coleção de dados da *Global Land Cover Facility (GLCF)*, e foi empregado um algoritmo polinomial de segunda ordem, de modo que o erro quadrático médio (RMS) de localização fosse inferior a 30m.

Tabela 1 - Principais características das imagens orbitais utilizadas no mapeamento de cicatrizes.

Data de aquisição da cena	Satélite/Sensor	Órbita/Ponto	Resolução
02-ago-2008 GMT - 12:49:24	Landsat-5/TM	219/074	30m
18-ago-2008 GMT - 12:49:51	Landsat-5/TM	219/074	30m
25-ago-2008 GMT - 12:55:23	Landsat-5/TM	220/074	30m
28-ago-2008 GMT - 13:29:00	CBERS-2B/CCD	155/123	20m

As imagens listadas na Tabela 1 foram analisadas na ordem temporal, de modo a identificar as cicatrizes anteriores àquelas ocorridas no período entre as cenas. O uso de várias cenas permite restringir as cicatrizes temporalmente, além de eliminar equívoco com outros alvos espectralmente similares a cicatrizes de queimadas, do tipo solos irrigados e corpos d'água.

O resultado obtido foi um mapa digital com a representação de cicatrizes dos diferentes períodos na escala 1:50.000, com resolução espacial de 30 metros, onde estão mapeadas todas as cicatrizes na área compreendida pelos municípios de Sacramento, Tapira, São Roque de Minas, Delfinópolis, Vargem Bonita, São João Batista do Glória e Capitólio, por serem os mais próximos aos limites do PNSC. Um detalhe deste resultado centrado na UC pode ser observado na Figura 1⁽¹⁾.

¹ Para melhor visualizar os resultados produzidos pelo INPE, todos os mapas encontram-se disponíveis nos apêndices deste documento em formato A4.

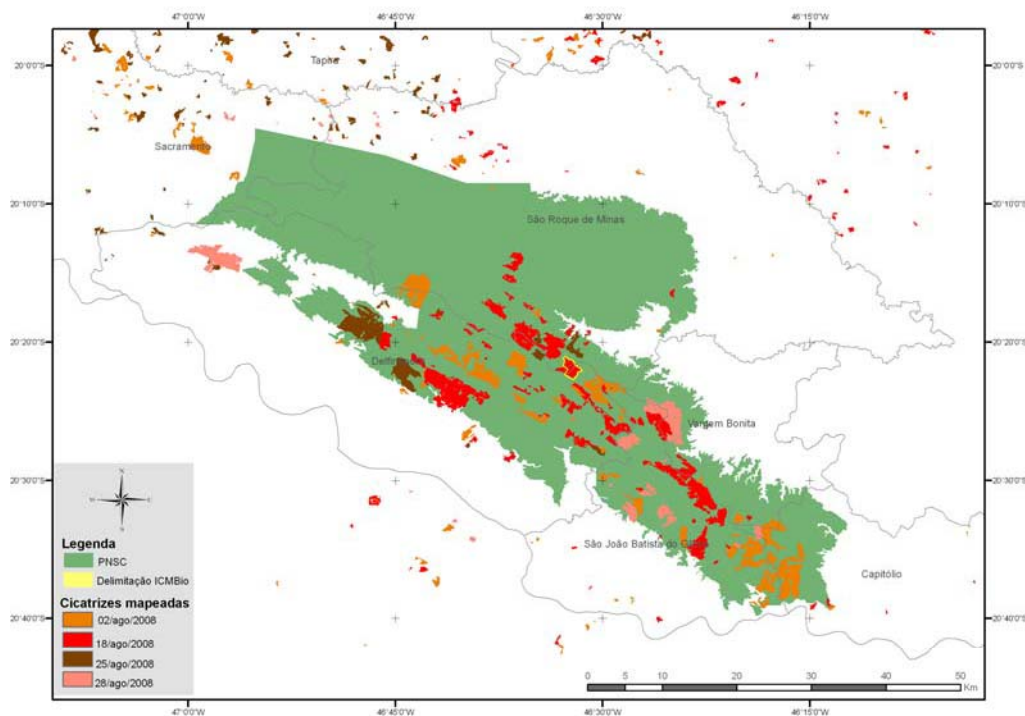


Figura 1 - Resultado do mapeamento de cicatrizes para o entorno do PNSC.

O resultado apresentado na Figura 1 mostra que durante todo o mês de agosto houve um número significativo de queimadas/incêndios na área analisada, principalmente na sua região norte. Mesmo apresentando uma grande pressão externa quanto ao fogo, a porção norte do PNSC foi menos afetada que a sul, na qual foram registradas as maiores cicatrizes. Nota-se, portanto, que as queimadas que ocorreram foram originadas no interior da UC e não na área de amortecimento.

Para observar em maior detalhe o interior do PNSC e as imediações da poligonal da área embargada pelo agente de fiscalização do ICMBio, a Figura 2 apresenta uma composição colorida das bandas 5-4-3 da cena Landsat/TM de 02/08/2008. Nela, observam-se manchas escuras em locais próximos à área delimitada, que são características de cicatrizes de queimadas/incêndios ocorridos previamente à data da imagem do satélite. Nota-se também que não há vestígios de cicatrizes adjacentes ou no interior da poligonal, e a mais próxima encontra-se a cerca de 2 km a sudeste do poligonal. Assim, entende-se que existem cicatrizes de queimadas na cena do dia 02 de agosto no interior do PNSC, porém sem indícios de queimadas próximas à poligonal até esta data.

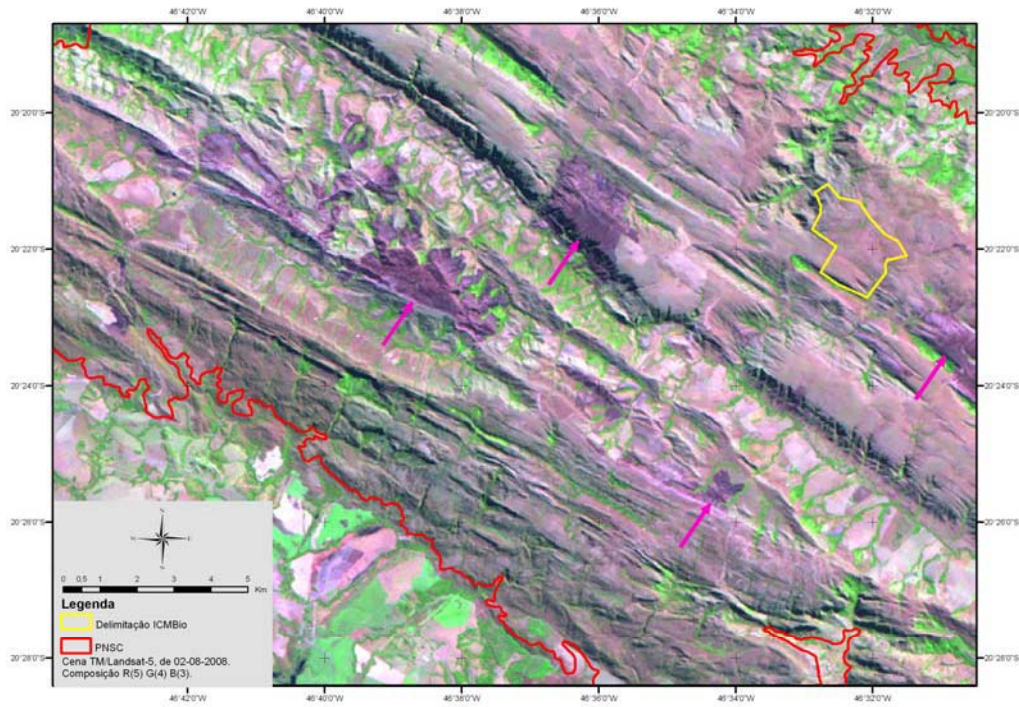


Figura 2 - Imagem do dia 02/08/2008, mostrando o perímetro determinado pelo ICMBio (contorno amarelo) no PNSC e as manchas escuras de cicatrizes de queimadas próximas, sinalizadas por setas cor rosa, e antes do período de interesse (13-18/08/2008).

A segunda data analisada foi 18/08/2008, devido ao ciclo de 16 dias de revisita (resolução temporal) do satélite Landsat sobre um mesmo local. Conforme observado na Figura 3, existem cicatrizes de queimadas/incêndios no interior da poligonal do ICMBio, e também externas a ela e ainda no interior do Parque, registrando a ocorrência de fogo entre o dia 03 e 18/08/2008. No entanto, a partir destes dados, não é possível inferir precisamente a data em que ocorreram as queimadas/incêndios referentes às cicatrizes, nem o local de origem e de extinção das mesmas.

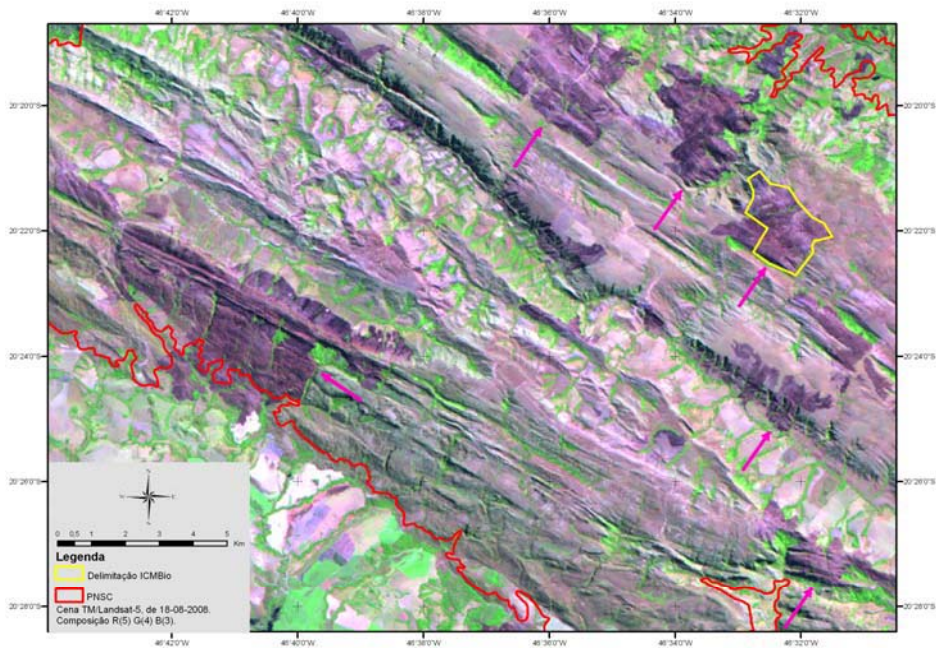


Figura 3 - Imagem do dia 18/08/2008, mostrando o perímetro determinado pelo ICMBio (contorno amarelo) no PNSC e as manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas cor rosa no período 03-18/08/2008.

Na próxima imagem existente, do dia 25/08/2008, é possível observar que não houve renovação da cicatriz no interior da poligonal, pois o sinal escuro (que representa queimadas recentes) fica mais claro e mais parecido com os alvos no entorno – ver Figura 4.

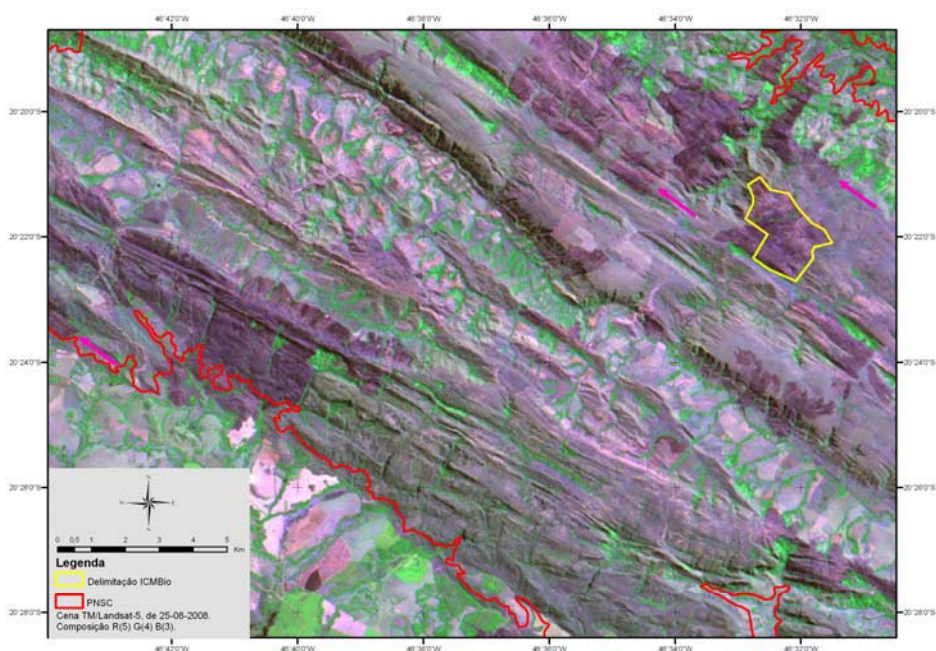


Figura 4 - Imagem do dia 25/08/2008, mostrando o perímetro determinado pelo ICMBio (contorno amarelo) no PNSC e as manchas escuras de cicatrizes de queimas sinalizadas por setas cor rosa no período 19-25/08/2008.

A análise da imagem CBERS-2B/CCD do dia 28/08/2008 apresenta poucas alterações próximas à poligonal, porém ao longo de toda a extensão do PNSC foi possível mapear 15 novas

cicatrices que correspondem a praticamente a mesma extensão queimada no dia 25/08, ou seja, houve um aumento significativo do fogo em apenas três dias.

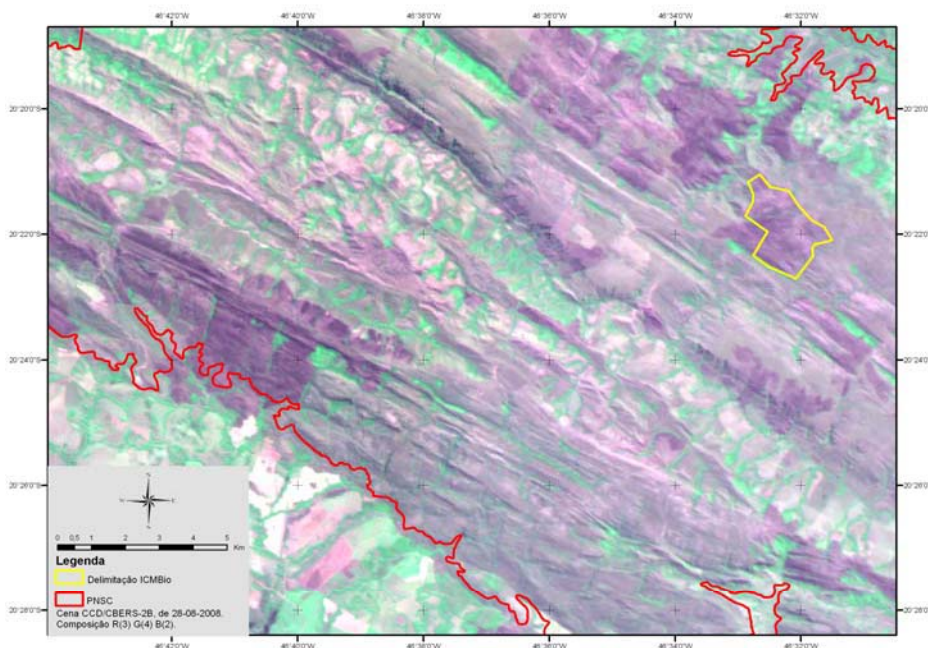


Figura 5 – Imagem CBERS-2B/CCD do dia 28/08/2008, mostrando o perímetro determinado pelo ICMBio (contorno amarelo) no PNSC e as manchas escuras de cicatrizes de queimadas no período 25-28/08/2008.

Ao todo foram mapeadas 148 cicatrizes distintas nas quatro cenas utilizadas, representando um total de aproximadamente 25.175 ha queimados no interior do PNSC no período de 02 a 28/08/2008, representando cerca de 13% da extensão do PNSC, conforme detalhado na Tabela 2. Neste contexto geral, a poligonal levantada pelo ICMBio em seu relatório, com 412 ha queimados, representa apenas 1,6% do que queimou nesta unidade de conservação até 28/08/2008.

Tabela 2 – Quantidade de cicatrizes e total da área queimada no interior do PNSC em cada cena analisada.

Data	Área (km ²)	Área (ha)	no. cicatrizes
02 ago 2008	88,8	8.886	49
18 ago 2008	105,6	10.560	71
25 ago 2008	29,9	2.989	13
28 ago 2008	27,4	2.740	15
Total geral	251,7	25.175	148

Mapeamento de Focos Ativos de Queimadas

Utilizando imagens termais de baixa resolução espacial dos satélites meteorológicos, o INPE monitora em modo operacional os focos de queima da vegetação. São utilizados todos os satélites que possuem sensores óticos operando na faixa termal-média de 4µm, recebidos nas estações de Cuiabá, MT, e Cachoeira Paulista, SP.

No presente trabalho, foram utilizados os dados de 1288 imagens obtidas pelos satélites de órbita polar NOAA-15, NOAA-17e NOAA-18, TERRA e AQUA, e dos satélites geoestacionários

GOES e MSG. Cada satélite polar produz dois imageamentos por dia, e os geoestacionários geram algumas imagens por hora, sendo que no total o INPE processa mais de 100 imagens por dia, especificamente para detectar focos de queima da vegetação.

Como o elemento de resolução espacial (“píxel”) do satélite tem 1 km x 1 km ou mais, um foco de queimada de algumas dezenas de metros quadrados será identificada como tendo pelo menos 1 km². Nas imagens dos satélites geoestacionários, onde o píxel tem 4 km x 4 km, esta pequena queimada passará a ser indicada por uma área de 16 km² ou mais. Assim, um foco de queima, que é a mesma coisa que um píxel de queima, pode indicar tanto uma pequena queimada, assim como várias pequenas queimadas ou uma muito grande no seu interior.

Ou seja, o sistema de detecção de focos do INPE permite identificar a existência de fogo na vegetação sem ter condições de avaliar o tamanho da área que está queimando ou o tipo de vegetação afetada. Em casos com muitos píxeis de queima juntos, e com a presença de uma nuvem de fumaça grande, pode-se inferir que a queimada terá a dimensão dos píxeis de queima detectados. Outras informações podem ser obtidas no endereço da página de perguntas freqüentes na Internet <http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/perguntas.html>.

Com base na análise destes produtos, foi avaliada a data de ocorrência das cicatrizes previamente mapeadas, sendo que várias cicatrizes na imagem Landsat do dia 18/08 apresentaram focos ativos nos dias 10, 13, 14, 15, 16 e 18 – ver Figura 6.

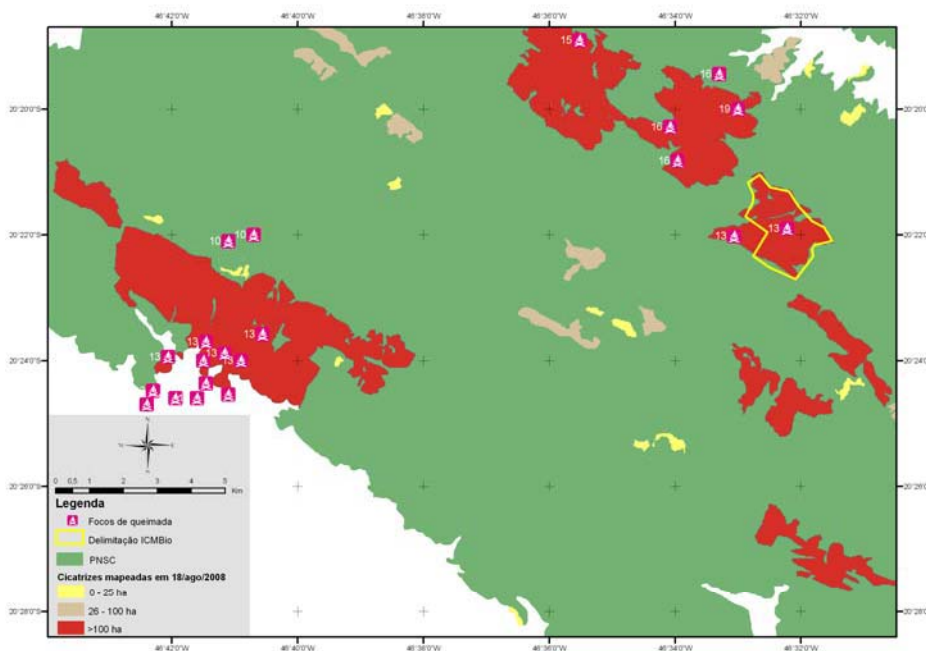


Figura 6 – Focos de queima da vegetação identificados no período de 03-18/08/2008 no interior do PNSC, juntamente com os 25.175 ha de cicatrizes mapeadas; a poligonal do ICMBio está indicada pela linha de contorno amarela.

Conforme apresentado na Figura 6, para a cicatriz no polígono de interesse desta análise, ocorreram dois focos ativos apenas no dia 13/08/2008, que provavelmente foram responsáveis por

toda a extensão da cicatriz documentada no Relatório ICMBio. Na mesma figura, para algumas outras cicatrizes, também podem ser supostas as datas mais prováveis do início das queimas em função das datas dos respectivos focos.

Existem cicatrizes sem focos associados, o que é esperado uma vez que mesmo com cerca de 100 ou mais imagens por dia, o INPE detecta no máximo 70% a 80% de todos os eventos, devido a limitações técnicas diversas nas imagens. Entre os fatores limitantes, considera-se: a presença de nuvens e fumaça densa sobre a área; a passagem do satélite não cobrir a região de interesse; presença de ruídos nas imagens; problemas na comunicação entre os satélites e os sistemas de recepção e armazenamento; regiões montanhosas ou de encostas onde o fogo pode ocorrer em área de sombra para o satélite; características da vegetação que podem mascarar o sinal da queimada ativa, e; velocidade de propagação do fogo. Para este caso específico do PNSC, a urgência na entrega deste documento não permitiu a realização de uma análise mais aprofundada.

Analisando os diferentes tamanhos das cicatrizes de queimadas do dia 18/08/2008, verificou-se que cerca de 76% das cicatrizes possuem áreas menores que o tamanho mínimo de um pixel de 1 km X 1 km – ver Figura 7. Esta proporção é condizente com outros estudos de validação, e confirma que o sistema de detecção de focos de queimadas do INPE consegue monitorar algo entre 70% e 80% das queimadas que ocorrem no país.

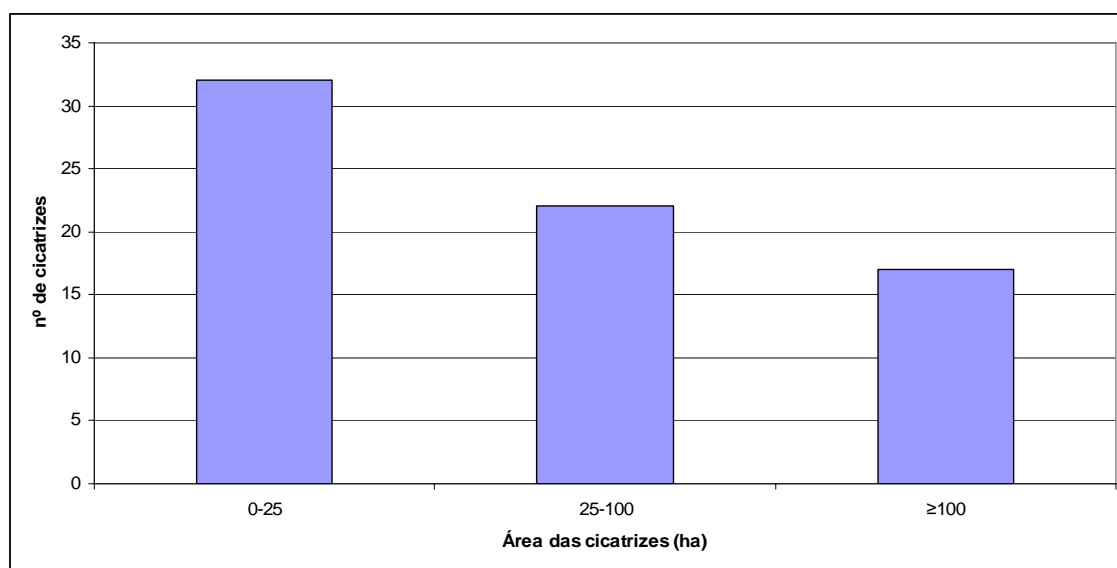


Figura 7 – Quantidade de cicatrizes em classes de tamanho no interior do PNSC de 03-18/08/2008.

Apêndices

Apêndice 1 - Resultado do mapeamento de cicatrizes para o entrono do PNSC.

Apêndice 2 - Imagem do dia 02/08/2008, mostrando o perímetro determinado pelo ICMBio (contorno amarelo) no PNSC e as manchas escuras de cicatrizes de queimas próximas, sinalizadas por setas cor rosa, e antes do período de interesse (13-18/08/2008).

Apêndice 3 - Imagem do dia 18/08/2008, mostrando o perímetro determinado pelo ICMBio (contorno amarelo) no PNSC e as manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas cor rosa no período 03-18/08/2008.

Apêndice 4 - Imagem do dia 25/08/2008, mostrando o perímetro determinado pelo ICMBio (contorno amarelo) no PNSC e as manchas escuras de cicatrizes de queimas sinalizadas por setas cor rosa no período 19-25/08/2008.

Apêndice 5 – Imagem CBERS-2B/CCD do dia 28/08/2008, mostrando o perímetro determinado pelo ICMBio (contorno amarelo) no PNSC e as manchas escuras de cicatrizes de queimas no período 25-28/08/2008.

Apêndice 6 – Focos de queima da vegetação identificados no período de 03-18/08/2008 no interior do PNSC, juntamente com os 25.175 ha de cicatrizes mapeadas; a poligonal do ICMBio está indicada pela linha de contorno amarela.

