

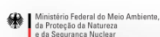
Monitoramento de Queimadas e Incêndios na Região do Parque Estadual do Jalapão em 2007, 2008 e 2009

Resultados Preliminares - 2
Janeiro de 2014



Prevenção, Controle e Monitoramento de
Queimadas Irregulares e
Incêndios Florestais no Cerrado

Em nome do



da República Federal da Alemanha

PIETRO DE ALMEIDA CÂNDIDO

**VALIDAÇÃO DE FOCOS DE CALOR NA REGIÃO DO PARQUE
ESTADUAL DO JALAPÃO EM 2007, 2008 e 2009**

Banco de casos de validação de focos de calor a partir de cicatrizes de incêndios e queimadas dos anos de 2007, 2008 e 2009, referentes à segunda etapa do termo de referência PN 11.9035.4-001.00, contrato GIZ 83151538, desenvolvido no INPE.

São José dos Campos, fevereiro de 2014.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. ÁREA DE ESTUDO	5
3. MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA	6
4. ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE FOCOS E CICATRIZES	7
4.1. Eventos de queima por agrupamentos de focos	7
4.2. Erros de comissão dos eventos	8
4.3. Erros de omissão dos eventos.....	8
5. ANO DE 2007	8
6. ANO DE 2008	11
7. ANO DE 2009	13
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Mapeamento de área queimada - Relatório Preliminar 1.....	6
Tabela 2: Resultados de Auditoria Interna	6
Tabela 3: Erros de comissão 2007	9
Tabela 4: Erros de omissão 2007	10
Tabela 5: Percentual de cicatrizes detectadas por classe de tamanho.....	10
Tabela 6: Erros de comissão 2008	11
Tabela 7: Erros de omissão 2008.....	12
Tabela 8: Percentual de cicatrizes detectadas por classe de tamanho.....	13
Tabela 9: Erros de comissão 2009	13
Tabela 10: Erros de omissão 2009.....	14
Tabela 11: Percentual de cicatrizes detectadas por classe de tamanho.....	14

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distância entre os focos e a cicatriz mais próxima em 2007 9

Figura 2: Distância entre os focos e a cicatriz mais próxima em 2008 12

Figura 3: Distância entre os focos e a cicatriz mais próxima em 2009 14

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório refere-se à segunda de três etapas do Termo de Referência PN 11.9035.4-001.00, contrato GIZ 83151538, vigente de 01 de setembro de 2013 a 28 de fevereiro de 2014, cujo objetivo é o de dar continuidade à produção de dados de área queimada na região do Jalapão com a análise de imagens de média resolução (30 metros), apoiando os desenvolvimentos que o INPE está realizando no Projeto GIZ-MMA “Prevenção, controle e monitoramento de queimadas e incêndios florestais no Cerrado”.

As fases do presente contrato se dividem em: 1) mapas e figuras georreferenciados contendo queimadas de 2007, 2008 e 2009; 2) arquivos digitais inseridos na base de dados de validação, e; 3) texto descritivo das atividades realizadas, relatando o método, os resultados e arquivamento dos dados gerados.

Neste relatório, são qualificados os mapas georreferenciados dos anos de 2007, 2008 e 2009, que compõem a base de arquivos digitais para validação dos dados do Projeto Jalapão. Posteriormente, será concluída a integração destes novos dados com os levantamentos realizados em contratos anteriores com a GIZ para os anos de 2004, 2005, 2006 e 2010, os quais foram reprocessados com a metodologia atual.

Neste contexto, também foram analisados os focos de calor gerados para a Região do Jalapão nos anos de 2007, 2008 e 2009 quanto aos erros de omissão e comissão, com o objetivo subsidiar melhorias nos dados.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo Região do Jalapão, localizada na porção setentrional do Brasil Central, abriga as maiores unidades de conservação do bioma Cerrado. O retângulo envolvente da cena órbita/ponto Landsat-TM 221/067 cobre as Unidades de Conservação Federal APA Serra da Tabatinga, ESEC Serra Geral do Tocantins e PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba, além das Unidades de Conservação Estaduais APA Serra das Mangabeiras do Estado de Piauí, APA Jalapão e o Parque Estadual do Jalapão, ambas no Tocantins. Formando um importante Corredor Ecológico do bioma cerrado. A pressão sobre a região, em termos de controlar desmatamentos, queimadas e incêndios florestais, vem crescendo ao longo dos últimos anos. Durante o severo período de seca em 2010, foram registrados, na área de abrangência do Corredor Ecológico, aproximadamente, 60% de todos os focos de incêndios e queimadas do Cerrado (INPE 2013).

3. MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA

Os mapas e figuras georreferenciadas de cicatrizes de incêndios e queimadas dos anos 2007, 2008 e 2009, referentes à primeira etapa do presente termo de referência estão indicados na Tabela 1, e foram analisados em relação aos focos de queima de vegetação detectados pelo Inpe em imagens de satélites.

Tabela 1: Mapeamento de área queimada - Relatório Preliminar 1.

Ano	Período (mmdd)	Dias	Cenas	Cicatrizes No.polígonos	Área km²
2007	0526 - 1001	128	8	10074	9262
2008	0613 - 0917	95	5	4380	3275
2009	0702 - 1023	114	4	7353	4350
Média	-	-	-	6935	5510

Dando continuidade ao aprimoramento dos dados preliminares, ocorreu o refinamento das áreas em km² e o número de polígonos – ver Tabela 2. Isso, devido aos critérios de Controle de Qualidade, cujas principais etapas para a modificação da classificação de algumas cicatrizes passaram por Auditoria Interna. E ainda poderão ocorrer leves modificações a partir de uma Auditoria Externa, que fechará o ciclo de controle de qualidade do presente produto, que será apresentado no último relatório do presente TdR. O esquema da Figura XX mostra a sequência adotada no mapeamento das áreas queimadas.

Tabela 2: Resultados de Auditoria Interna

Ano	Cicatrizes No.polígonos	Área km²	Modificação Polígonos %	Modificação Área %
2007	8375	8824	- 16%	- 5%
2008	4063	3280	- 7%	+ 1%
2009	6688	4446	- 10%	+ 1%
Média	6375	5660	- 11%	- 1

Observam-se na Tabela 2 os resultados de Auditoria Interna, realizada junto à equipe de Queimadas do INPE em São José dos Campos, que interpretou locais de dúvidas e erros de comissão e omissão da metodologia utilizada, os quais ocorreram principalmente em áreas de agricultura e em regiões com nuvens das imagens de satélite. O ano com maior modificação dos resultados foi 2007, com diminuição do

número de cicatrizes em 16% e da área queimada em 5%. Na média, ocorreu modificação da área queimada em 1% e em 11% no número de polígonos de cicatrizes dos dados gerados para o presente estudo.

4. ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE FOCOS E CICATRIZES

As validações com focos de calor ocorreram a partir de análises de eventos de queima, sendo analisados erros de omissão e comissão, e de sua relação com o tamanho das queimadas nas imagens TM. Para isto, foram gerados eventos de queima por meio de agrupamento de focos por índices temporais e espaciais, sobrepostos ao mapeamento de referência, possibilitando identificar erros de omissão e comissão.

Os dados de focos INPE para as datas vigentes do estudo são provenientes dos satélites NOAA-15, 17 e 18, TERRA, AQUA, GOES-10 e o METEOSAT-02. No caso do sensor AVHRR dos satélites NOAA, o tamanho dos *pixels* variam de ~1,1 km x 1,1 km no nadir, até ~1,1 km x 4km nas bordas, e para o sensor MODIS dos satélites TERRA e AQUA de ~1 km x 1 km até ~1 km x 3 km. Para os satélites geoestacionários, os pixels são de ~4km x ~5km para o GOES e ~5km x 7km no METEOSAT-02. Estes valores são fundamentais para se estabelecer índices que agruparão os eventos.

4.1. Eventos de queima por agrupamentos de focos

Os focos de queimadas são indicadores básicos da ocorrência de fogo na vegetação, e utilizados como um meio de representação nos mapas gerados pelo INPE. Uma mudança de perspectiva na forma de representar estes mesmos dados é o de agrupar os focos de calor por ordem espacial e temporal, considerando assim eventos de queimas com período de duração e uma área de abrangência.

A geração dos eventos de queima constitui a extração de grupos de focos com determinados valores de distância temporal e espacial. O conceito de distância espacial, aplicado à representação de latitude e longitude, se define como a menor reta de longitude que une dois ou mais pontos considerados. E o conceito de distância temporal, se define como a diferença de dias entre duas ou mais datas.

Para o presente estudo foram utilizados os agrupamentos de eventos com resolução temporal de até oito dias, e de 2 km para a resolução espacial. Desta forma, cada foco ficou com 1 km de raio.

4.2. Erros de comissão dos eventos

Os erros de comissão correspondem aos eventos de focos, mas sem cicatrizes existentes nas imagens TM. Os eventos que incidiram sobre as cicatrizes mapeadas no período correspondente, receberam “acerto” no atributo de validação.

Os eventos que não incidiram em cicatrizes, foram reamostrados com 2 km de raio, e foram utilizados para a verificação do deslocamento dos focos para com as cicatrizes.

4.3. Erros de omissão dos eventos

Os erros de omissão nas imagens TM, foram definidos a partir das cicatrizes sem incidência de focos próximos. Foi estabelecido o atributo “validacao” para o plano de informação vetorial das cicatrizes. As cicatrizes, de determinada classe de mapeamento (data de aquisição da cena), interceptadas por focos do período correspondente receberam “acerto” neste atributo.

Os eventos que não interceptaram com cicatrizes foram reamostrados para um raio de 2 km a partir dos focos. No plano de informação vetorial as cicatrizes que interceptaram este novo evento receberam o atributo “acerto2km”. Entretanto, este dado não foi considerado para os erros de omissão, dado o baixo número de polígonos e de área detectados.

5. ANO DE 2007

O mapeamento de referência do ano de 2007 foi realizado a partir de oito cenas Landsat-TM, abrangendo o final do mês de maio até o primeiro dia de outubro (20070526 – 20071001), totalizando 128 dias. Neste período foram registrados 7402 focos de calor de todos os satélites utilizados pela Plataforma SIG Queimadas, e o período de maior intensidade de focos foi entre 30 de agosto a 15 de setembro – ver Tabela 3, que também apresenta os resultados gerados a partir dos processamentos de agrupamento de eventos e a intersecção entre os eventos com as cicatrizes de referência.

Tabela 3: Erros de comissão 2007

Data	Focos	Eventos Raio 1km	Acerto	Comissão	Eventos Raio 2km	Comissão
20070627	575	205	172	16%	193	6%
20070713	529	163	120	26%	146	10%
20070729	548	186	127	32%	148	20%
20070814	617	173	141	18%	156	10%
20070830	1499	313	251	20%	278	11%
20070915	1974	274	216	21%	244	11%
20071001	1660	326	218	33%	251	23%
Média	1057	234	178	24%	202	13%

Conforme mostrado na Tabela 1, para os eventos com índices de distância espacial e temporal de 2 km e 8 dias, obteve-se uma média de acertos de 76% dos eventos incidindo sobre cicatrizes, sendo que 24% dos eventos não intersectaram cicatrizes, configurando erro de comissão. Os eventos marcados como comissão foram reprocessados para o raio de 2 km, fazendo subir o total de acertos na média em 11%, para 87%. Em uma raio de 3 km do foco de queimada se tem 92% de chance de se encontrar uma cicatriz de queima, e para o limite de 5km o acerto chega a 97%.

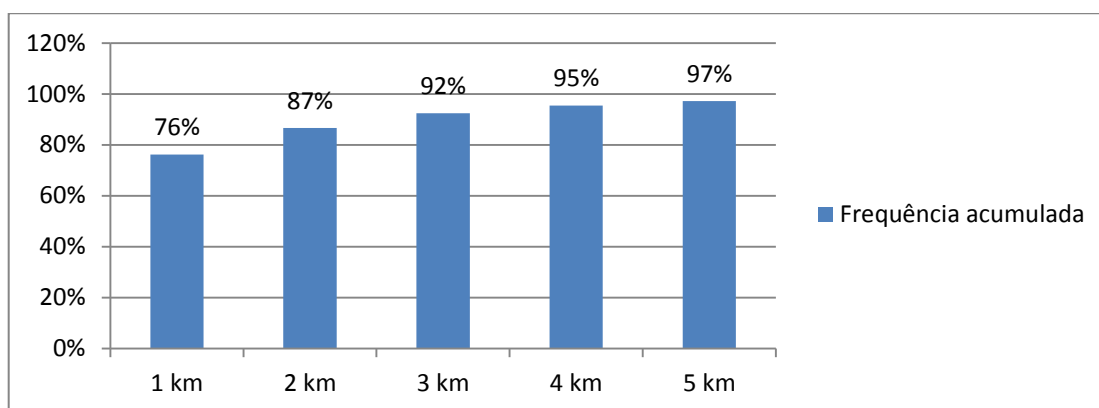


Figura 1: Distância entre os focos e a cicatriz mais próxima em 2007

A Tabela 4 aponta o percentual de cicatrizes que não tiveram eventos de queima associados, considerando-se os parâmetros primários para o processamento dos eventos. Para todos os 8375 polígonos de cicatrizes mapeadas do ano de 2007, foram detectados 1732 pelos eventos de focos agrupados, ou seja, ocorreu a omissão pelos eventos de queima, de 79% dos polígonos identificados. Os períodos com maior detecção foram os de 30 de agosto a 15 de setembro, com 32% das cicatrizes detectadas por eventos de queima. Contudo, quando se utiliza o dado de área

queimada (km²) para fazer esta análise o percentual de comissão há relevantes modificações, e os resultados de omissão passam de 79% para 22%, ou seja, 78% da área total do ano de 2007 tiveram eventos associados, chegando à omissão de 9% de área queimada na penúltima data analisada.

Tabela 4: Erros de omissão 2007

Data	Cicatrices Polígonos	Detectado Polígonos	Omissão Polígonos	Área Km²	Detectado Área-km²	Omissão Área-km²
20070627	1776	240	86%	1230	825	33%
20070713	1114	109	90%	1117	813	27%
20070729	1060	156	85%	870	606	30%
20070814	970	173	82%	880	660	25%
20070830	1096	330	70%	1312	1145	13%
20070915	1035	327	68%	1740	1580	9%
20071001	1324	397	70%	1675	1395	17%
Média	1196	247	79%	1260	1003	22%

A definição de classes de tamanho das cicatrizes de queimadas auxilia a análise da precisão dos eventos conforme o tamanho das queimas – ver Tabela 5. Foram estabelecidas classes de tamanho conforme a resolução espacial dos principais sensores utilizados na detecção de focos de calor e nos utilizados para o mapeamento de cicatrizes: Landsat com 0,09 ha; MODIS (visível) 6,25 ha; MODIS (infravermelho) 25 ha; MODIS (Canal 20) 100 ha, e; GOES 1.600 ha.

Tabela 5: Percentual de cicatrizes detectadas por classe de tamanho

Classes de tamanho das cicatrizes (ha)	Nº de cicatrizes	Cicatrices com eventos	% de acerto
< 6,25	3995	480	12%
6,25 - 25	1873	223	12%
25 - 100	1381	333	24%
100 - 1600	1034	606	59%
>= 1600	92	90	98%

Das cicatrizes menores que 6,25 ha, e das de 6,25 ha a 25 ha, 12% foram detectadas pelos eventos; para as cicatrizes de 25 a 100 há, 24%, foram detectadas, para as de 100 a 1600 ha, 59%, e nas cicatrizes maiores ou iguais a 1.600 há, 98% obtiveram detecções.

6. ANO DE 2008

No ano de 2008 foram processados cinco cenas com cobertura entre 13 de junho até o dia 17 de setembro, totalizando 95 dias (20080613 - 20080917). No período foram detectados 2260 focos de queimada, que aglomerados resultaram em 658 eventos de queima. Entre 16 de agosto a 17 de Setembro ocorreu o maior índice de focos na região analisada – ver Tabela 6.

Tabela 6: Erros de comissão 2008

Data	Focos	Eventos Raio 1km	Acerto	Comissão	Eventos Raio 2km	Comissão
20080715	329	135	107	21%	119	12%
20080731	234	107	79	26%	86	20%
20080816	395	127	103	19%	118	7%
20080917	1302	289	229	21%	258	11%
Média	565	164	129	22%	145	12%

Na tabela apresentada (Tabela 6), observa-se os resultados da intersecção entre os eventos de queima e as cicatrizes mapeadas, o valor de comissão é resultante de eventos que não sobrepõem áreas queimadas. O valor de comissão foi de 22%, sendo o menor valor entre 31 de julho a 16 de agosto com 19% e o maior entre 15 de julho a 31 de julho com 26%. A partir dos eventos processados para um raio de 2 km obteve uma queda de 11% no valor anual de comissão, caindo para 12%.

A distância de deslocamento dos eventos para com as cicatrizes mais próximas é analisado na Figura 2, a partir da frequência acumulada dos acertos dos eventos incidindo sobre cicatrizes, têm-se o panorama da precisão de todos os eventos analisados. A partir de um raio de 3 km há 94% de acerto.

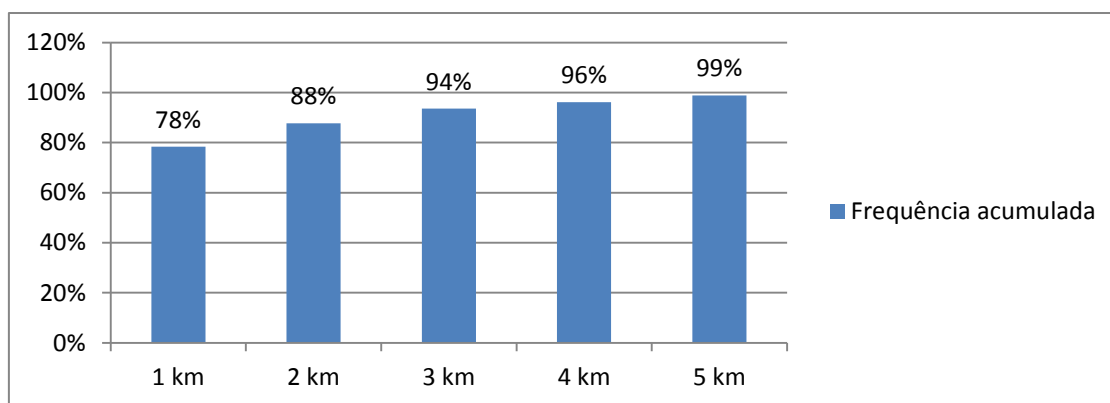


Figura 2: Distância entre os focos e a cicatriz mais próxima em 2008

A faixa de período analisado do ano de 2008 caracterizou-se como o que menos constaram cicatrizes de queima em todo o histórico de levantamentos na região. Ao total as cicatrizes de queimadas abrangeram 3280 km distribuídos em 4050 cicatrizes, a detecção de focos de queimada somou 2260 neste período. A Tabela 7 aponta a distribuição do número de cicatrizes e área distribuídas entre as cenas processadas, além o valor de omissão de polígono e área queimada.

Tabela 7: Erros de omissão 2008

Data	Cicatrizes Polígonos	Detectado Polígonos	Omissão Polígonos	Área Km²	Detectado Área-km²	Omissão Área-km²
20080715	1168	139	88%	815	382	53%
20080731	710	86	88%	480	330	31%
20080816	720	130	82%	540	330	39%
20080917	1452	387	73%	1445	1120	22%
Média	1012	185	83%	820	540	36%

Em relação à análise dos polígonos, foram identificados em média 185 polígonos em cada intervalo de cenas, tendo como maior valor a última cena com 387 cicatrizes. A omissão dos eventos para com as cicatrizes foi de 83%, ou seja, foram identificados 17% no ano. Quando se analisa as mesmas detecções, mas por meio da área queimada dos polígonos, obteve-se 36% de omissões, queda de 47% nas omissões comparando as duas análises.

Na tabela a seguir (Tabela 8) apresenta-se o percentual de acertos segundo classes de tamanho das cicatrizes.

Tabela 8: Percentual de cicatrizes detectadas por classe de tamanho

Classes de tamanho das cicatrizes (ha)	Nº de cicatrizes	Cicatrizes com eventos	% de acerto
< 6,25	1702	162	10%
6,25 - 25	998	104	10%
25 - 100	757	158	21%
100 - 1600	571	292	51%
>= 1600	21	18	86%

O maior número de cicatrizes tem menos de 6,25 ha, destas 10% foram detectadas por eventos, o percentual de detecções aumenta a partir dos 25 ha chegando a 21% de acertos. As cicatrizes maiores que 1600 ha foram as mais identificadas pelos eventos de queima, com 86% de acerto.

7. ANO DE 2009

O mapeamento do ano de 2009 foi realizado no período de 02 de julho à 23 de outubro, sendo 114 dias cobertos, como resultado dos processamento foram mapeados 6688 cicatrizes de queimadas com 4446 km² de área que sofreu queima. No banco de dados de focos de calor do INPE no período estudado constam 2188 focos, estes processados para a formação de eventos se agruparam em 751 eventos, com média de 729 focos e 250 eventos nos três intervalos de cenas utilizadas – ver Tabela 9.

Tabela 9: Erros de comissão 2009

Data	Focos	Eventos Raio 1km	Acerto	Comissão	Eventos Raio 2km	Comissão
20090803	746	265	217	18%	250	6%
20090819	487	148	127	14%	136	8%
20091023	955	338	300	11%	317	6%
Média	729	250	214	15%	234	7%

Os erros de comissão observados em 2009 são os menores dos três anos estudados no presente trabalho, com 15% de comissão, ou seja, 85% de acertos nos eventos com 1 km de raio – ver Figura 3 -, em eventos com 2 km de raio a comissão cai para 7%. O período com menos comissão neste ano foi entre 19 de agosto a 23 de outubro, com 300 acertos em 338 eventos.

O percentual de incidência dos fogos de queimada para com as cicatrizes tem a acurácia de 86 % para cicatrizes a 1 km de raio de distância, 93 % para 2 km, 97 % para 3 km, 99% a partir de 4 km de raio.

O percentual de acerto dos eventos que incidem sobre as cicatrizes é de 86 % com 1 km de raio, já com 4 km de raio o acerto vai para 99% - ver Figura 3.

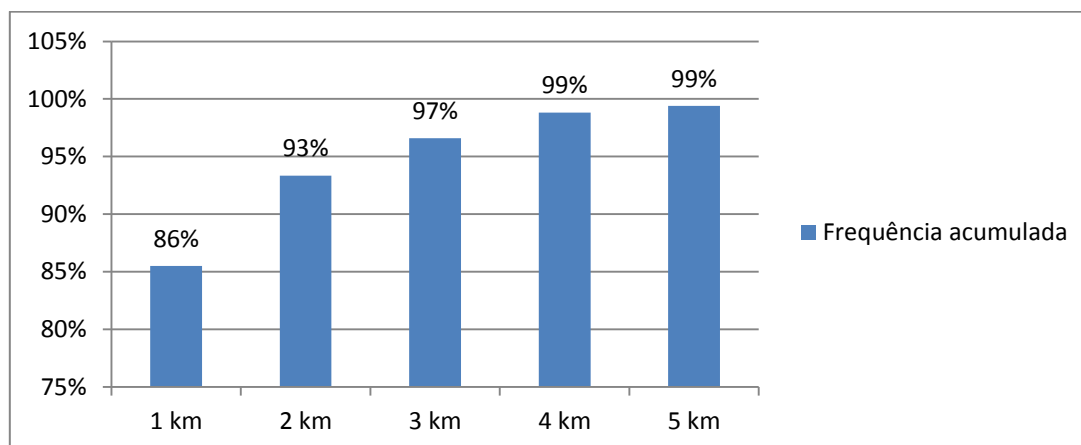


Figura 3: Distância entre os focos e a cicatriz mais próxima em 2009

Na avaliação das comissões existentes foram constatados 84% de cicatrizes sem detecção por eventos de focos de calor. Ao analisar este mesmo fator por meio da área detectada obteve-se 35% de omissão – ver Tabela 10.

Tabela 10: Erros de omissão 2009

Data	Cicatrizes Polígonos	Detectado Polígonos	Omissão Polígonos	Área Km ²	Detectado Área-km ²	Omissão Área-km ²
20090803	1821	307	83%	1030	660	36%
20090819	1110	187	83%	626	440	30%
20091023	3738	573	85%	2790	1720	38%
Média	2223	355	84%	1482	940	35%

A análise por meio de classes de tamanho relacionadas ao número de cicatrizes identificado por eventos constam na Tabela 11.

Tabela 11: Percentual de cicatrizes detectadas por classe de tamanho

Classes de	Nº de cicatrizes	Cicatrizes com	% de acerto
------------	------------------	----------------	-------------

tamanho das cicatrizes (ha)	eventos		
< 6,25	3521	331	9%
6,25 - 25	1465	176	12%
25 - 100	976	206	21%
100 - 1600	675	324	48%
>= 1600	32	30	94%

Cicatrizes menores que 6,25 ha são a maioria no total de 6688, elas representam 52% das cicatrizes, entretanto 331 cicatrizes (9%) foram detectadas. A classe com maior detecção foi a de maior ou igual a 1600 ha com 94% de acerto identificando 30 das 32 cicatrizes desta classe.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta fase, qualificar os arquivos digitais das queimadas mapeadas para o estudo de referência do fogo na região do Jalapão, foi realizado para os anos de 2007, 2008 e 2009, incluindo-se um estudo quantitativo de validação para indicar a confiabilidade dos trabalhos desenvolvidos.

A partir dos resultados apresentados pode-se inferir que em média, na Região do Jalapão 80% dos eventos de queima, agrupados a partir dos focos de queimadas, são precisos. Este valor sobe para 90% quando os aumenta a imprecisão dos focos para um raio de 2 km. Ou seja, o erro de comissão dos eventos de queima é de 20%.

Em relação às cicatrizes sem eventos, ou seja, com erros de omissão, o número médio de polígonos não detectados foi de 82%. Entretanto, quando analisada a área destas cicatrizes, 31% de área de queima foi omitida em relação ao número de cicatrizes identificadas.

Quando divididas as classes de cicatrizes por tamanho, e comparadas aos acertos, observou-se uma média de: 11% de acertos nas cicatrizes menores de 25 ha; 22% entre 25 a 100 ha; 48% de 100 a 1600 ha; e 92% nas maiores que 1600 ha. Ou seja, quanto maior a área da cicatriz de queimada mais precisa é a sua detecção.

Conforme o relatório apresentado, as etapas previstas no TdR estão sendo conduzidas como previsto, e foram produzidos os mapas de queimadas para os anos de 2007, 2008 e 2009 na região do Parque Estadual do Jalapão. Mantido o cronograma do TdR, ao seu final deverão ser entregues os produtos previstos, com a qualidade e

formato esperados e necessários para as publicações científicas e técnicas que irão decorrer do Projeto MMA-GIZ Jalapão.

No presente, os arquivos previstos nesta fase do TdR encontram-se no diretório *home/queimadas/Produto_Final/Projeto Jalapao GIZ* do servidor Juiponga (150.163.25.20) para futura apresentação no portal público do Projeto Jalapão.