

Mapeamento para emergências com CBERS-4: Um exemplo de aplicação do sensor PAN

Laércio Massaru Namikawa

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
laercio.namikawa@inpe.br

Abstract. Satellite based emergency mapping (SEM) for the response phase aims to provide information for an overview of the disaster scenario. The overview could be used to direct rescue efforts and relief operations in the short time frame after the disaster, from days to few weeks. The type of satellite image depends on the type of the disaster, mostly optical ones, with radar images being used for flooding when cloud coverage would hinder observations. CBERS-4 satellite has four optical sensors, with spatial resolution ranging from 5 meters to 64 meters. In this paper, the capabilities of PAN panchromatic and multispectral sensor are analyzed to map affected infrastructure. The test case is an event of high winds associated with a storm that occurred in June 5th, 2016 in São Paulo State, Brazil. CBERS-4 PAN sensor images were obtained from acquisition dates April 20th, 2016 and June 11th, 2016. Since most uses of optical satellite images for emergency mapping is done by visual interpretation of damaged infrastructure, the main objective here is on the identification of damaged buildings and broken trees from a field observation of the area on October 9th, 2016 and from news and personal accounts about the event. CBERS-4 images from PAN sensor were able to identify damages to large buildings and uprooted and broken vegetation.

Palavras-chave: CBERS-4, PAN sensor, Emergency mapping.

1. Introdução

O satélite CBERS-4 é o mais recente satélite do programa estabelecido em 1988, em parceria com a China, para obter a autonomia nas atividades de observação da Terra (EPIPHANIO, 2011). O satélite tem um ciclo de repetição de 26 dias em sua órbita sol-síncrona, com uma distância entre faixas no equador de 106,25 km. Os sensores a bordo do CBERS-4 são: a Câmera Pancromática e Multiespectral (PAN); a Câmera Multiespectral Regular (MUX); o Imageador Multiespectral e Termal (IRS); e a Câmera de Campo Largo (WFI). As principais características do sensor PAN são: a faixa de imageamento de 60 Km; a resolução temporal de 52 dias em operação normal; as bandas multiespectrais na faixa do Verde (G), Vermelho (R) e Infravermelho (IR); a banda Pancromática; a resolução espacial de 5 metros na banda pancromática e de 10 metros nas bandas multiespectrais; a revisita no equador de até 3 dias quando usada com a visada lateral de ± 32 graus; e a gravação à bordo. Informações adicionais sobre outros sensores podem ser encontradas em Epiphanio, 2011 e em no sítio Web do INPE¹.

O mapeamento emergencial baseado em satélite (do inglês Satellite based Emergency Mapping - SEM) tem o objetivo de prover informações para a etapa de resposta a desastres (VOIGT, 2016). Nesta etapa são realizadas as tarefas de contenção dos sinistros, o socorro e a assistência às populações afetadas e a reabilitação dos cenários (DE CASTRO, 1999). O foco do mapeamento deve ser identificação de áreas afetadas pelo desastre, desde a sua extensão até o nível de detalhe com as edificações afetadas. A extensão da área do desastre provê uma visão geral para o planejamento da resposta e o nível de detalhe maior permite que até mesmo operações de salvamento possam ser executadas. Devido a estes usos do mapeamento, a geração dos mapas tem sido realizada em um intervalo de tempo de 6 a 16 horas por times de especialistas uma vez que as imagens estejam disponíveis, em geral após um a dois dias da ocorrência do evento (VOIGT, 2016).

¹ http://www.cbears.inpe.br/sobre_satelite/cameras_imageadoras_cbears3e4.php

Deste modo, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar a possibilidade de utilização das imagens do sensor PAN do satélite CBERS-4 para mapear danos a edificações e infraestruturas. O estudo de caso utiliza o evento de vendaval ocorrido na tarde do dia 5 de junho de 2016, que deixou danos nos municípios de Jarinu e Atibaia, e as imagens adquiridas nos dias 20 de abril de 2016 (antes do evento) e 11 de junho de 2016 (após o evento).

2. Metodologia de Trabalho

As imagens do CBERS-4 foram obtidas através do catálogo de imagens do INPE², o qual disponibiliza gratuitamente em nível de correção L4 (imagens ortorretificadas) e processadas nos softwares SPRING³ e TerraView 5.1.3⁴. Um trabalho de campo no dia 9 de outubro de 2016 permitiu a coleta de fotografias e testemunhos do evento de vendaval.

2.1 Processamento das imagens

As imagens do sensor PAN são disponibilizadas em formato GeoTIFF comprimidas em arquivos com extensão ".zip", separadas por bandas e incluindo metadados no formato XML. A órbita e o ponto das imagens são, respectivamente, 155 e 126. As imagens utilizadas são as apresentadas na Tabela 1.

Nome	Banda	Data
CBERS_4_PAN_10M_20160420_155_126_L4_BAND2	Verde	20/Abril/2016
CBERS_4_PAN_10M_20160420_155_126_L4_BAND3	Vermelho	20/Abril/2016
CBERS_4_PAN_10M_20160420_155_126_L4_BAND4	Infravermelho	20/Abril/2016
CBERS_4_PAN_10M_20160611_155_126_L4_BAND2	Verde	11/Junho/2016
CBERS_4_PAN_10M_20160611_155_126_L4_BAND3	Vermelho	11/Junho/2016
CBERS_4_PAN_10M_20160611_155_126_L4_BAND4	Infravermelho	11/Junho/2016
CBERS_4_PAN_5M_20160420_155_126_L4_BAND1	Pancromático	20/Abril/2016
CBERS_4_PAN_5M_20160611_155_126_L4_BAND1	Pancromático	11/Junho/2016

Tabela 1 - Imagens utilizadas no estudo.

As imagens foram importadas para o SPRING 5.4.2 através do menu de Importação e recortadas para a região de interesse definidas pelas coordenadas (X,Y) em projeção UTM, datum WGS-84, do canto inferior esquerdo (321000 m, 7442000 m) e superior direito (342000 m, 7453000 m).

A Figura 1 mostra a localização dos municípios no Estado de São Paulo e a localização da região de estudo dentro dos municípios de Jarinu e Atibaia.

A fusão das imagens multiespectrais com a pancromática para cada uma das datas de aquisição foi realizada no TerraView 5.1.3 utilizando a ferramenta de Fusão com a opção PCA. A opção PCA utiliza a análise por componentes principais para extrair a primeira componente principal e na reversão substitui esta componente pela banda pancromática (FONSECA, L. M. G., et al, 2011). Para melhorar a nitidez da imagem fusionada, antes da fusão, as imagens das bandas multiespectrais foram reamostradas de 10 para 5 metros de resolução espacial utilizando a ferramenta de restauração do SPRING 5.4.2 e registradas com

² www2.dgi.inpe.br/CDSR/

³ www.dpi.inpe.br/spring

⁴ <http://www.dpi.inpe.br/terralib5/wiki/doku.php?id=start>

a banda pancromática, a qual foi considerada como sendo a imagem de referência, no TerraView 5.1.3. A técnica de restauração utiliza a curva de resposta do sensor para estimar a radiância na imagem simulada (neste caso para a imagem com 5 metros de resolução espacial) a partir das contribuições dos pixels vizinhos através de um filtro linear (FONSECA, L. M. G., 1988). As imagens resultantes do processamento em composição colorida das bandas 3 em R, 4 em G e 2 em B, são apresentadas na Figura 2.



Figura 1. Localização dos municípios de Jarinu e Atibaia no Estado de São Paulo e a localização da região de estudo em Projeção UTM / Datum WGS-84, dentro dos municípios.

As imagens pancromáticas adquiridas nos dias antes e depois do evento também foram processadas para fornecer uma opção adicional de verificação das alterações. Foi escolhida a composição colorida das imagens com a imagens posterior ao evento sendo apresentada em vermelho e a anterior ao evento em verde e azul simultaneamente. Esta composição colorida deve indicar em vermelho as áreas onde a reflectância aumentou após o evento e em ciano as áreas onde a reflectância diminuiu. Para que esta composição seja criada, as imagens forma equalizadas e registradas, respectivamente no SPRING 5.4.2 e no TerraView 5.1.3. A imagem resultante do processamento é apresentada na Figura 3.

2.2 Coleta de Informações em Campo

As informações existentes sobre o evento foram extraídas das notícias disponíveis na Internet e de relatos de algumas testemunhas.

O portal G1 divulgou a notícia do temporal destelhando cerca de 50 casas no bairro 3 Pistas em Atibaia⁵, provocando ferimentos em 4 pessoas. Em Jarinu, o portal Folha de São Paulo declara que uma pessoa morreu em consequência de um raio e que outras 50 pessoas ficaram feridas, com casas desabadas, árvores derrubadas e boa parte da área comercial destruída⁶.

⁵ <http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2016/06/temporal-destelha-50-casas-e-deixa-quatro-feridos-em-atibaia-sp.html>

⁶ <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2016/06/1778644-ventos-fortes-causam-estragos-e-deixam-um-morto-no-interior-de-sp.shtml>

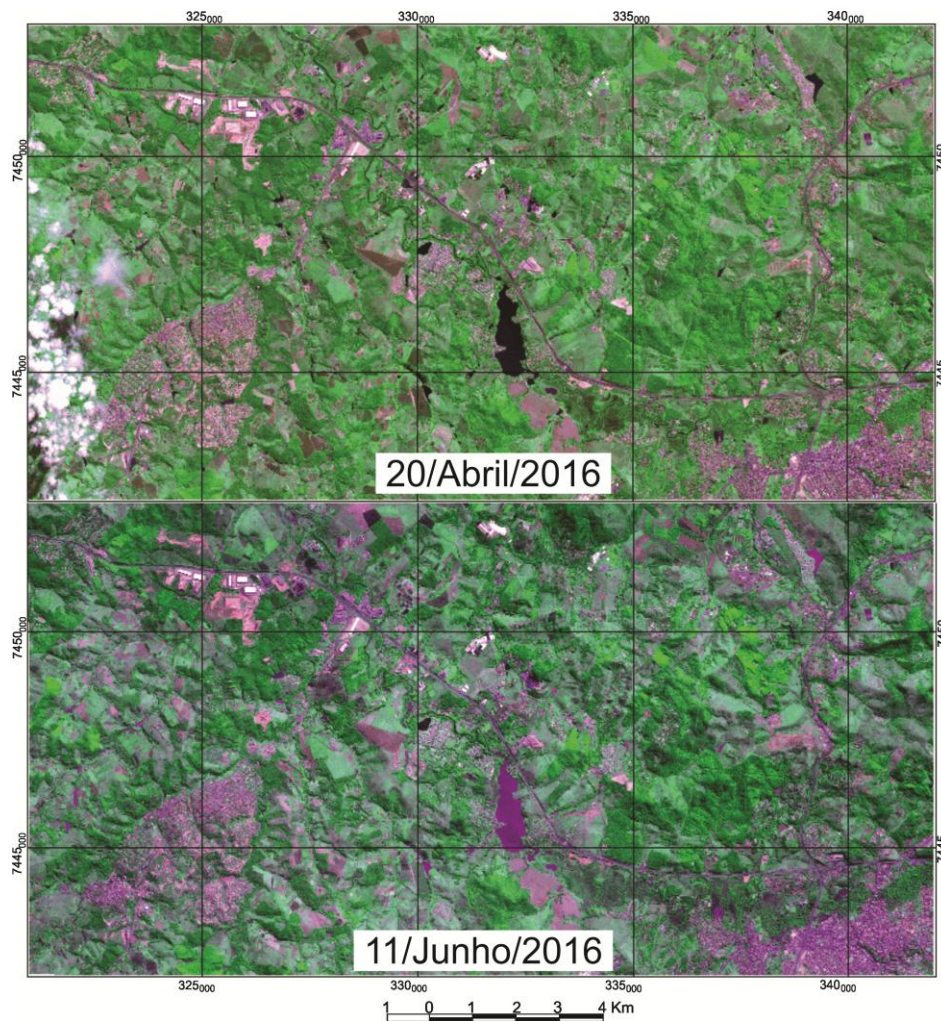


Figura 2. Imagens CBERS-4 adquiridas em 4 de abril de 2016 e 11 de junho de 2016, em composição colorida com ajuste de contraste das bandas infravermelho (4 em verde), vermelho (3 em vermelho) e 2 (verde em azul), restauradas e reamostradas em 5 metros, e fusionadas com a banda 1 (pancromática). A projeção é UTM com Datum WGS-84.

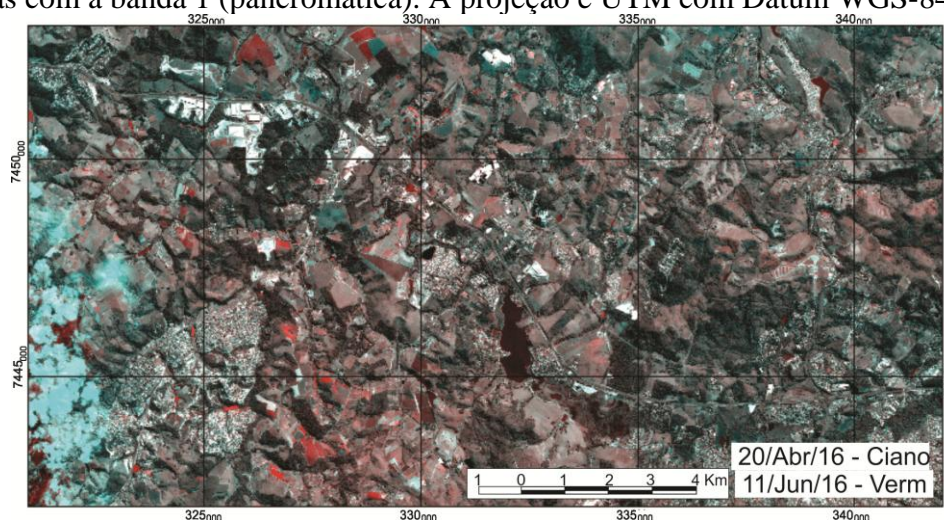


Figura 3. Imagens CBERS-4 adquiridas em 20 de abril de 2016 e 11 de junho de 2016, em composição colorida das bandas pancromáticas com equalização e ajuste de contraste, com a adquirida em 20/Abril/2016 (antes do evento) em verde e azul, e a adquirida em 11/Junho/2016 (após o evento em vermelho). A projeção é UTM com Datum WGS-84.

Baseado nas informações sobre o evento, no dia 9 de outubro de 2016, os municípios de Jarinu e Atibaia foram visitados, coletando testemunhos e fotografias. A Figura 4 mostra as quatro áreas visitadas: Jarinu e os bairros da Usina, dos Pires e Três Pistas.

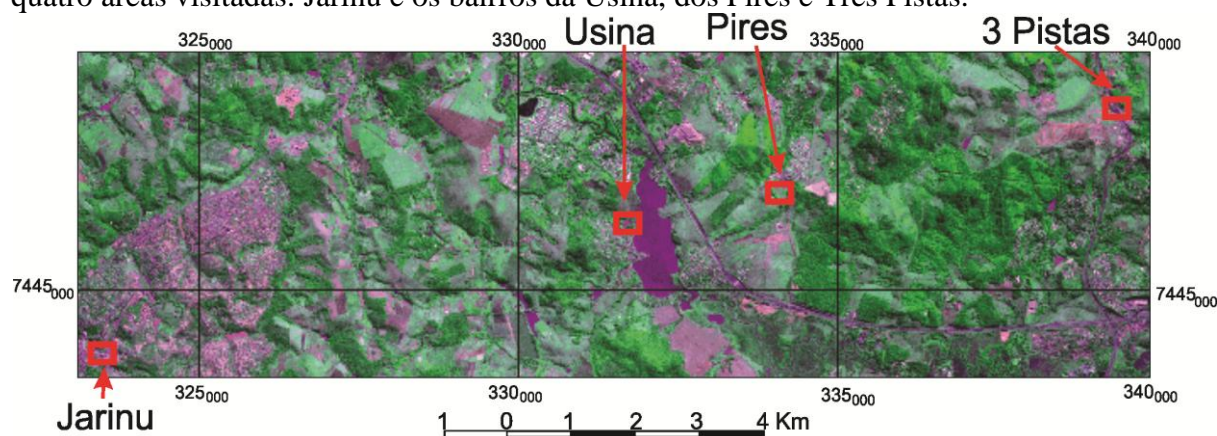


Figura 4. Identificação das áreas onde foram colhidos testemunhos e fotografias do evento de Vendaval. Jarinu identifica a área do centro da cidade de Jarinu e Usina, Pires e Três Pistas identificam áreas visitadas nos bairros da Usina, dos Pires e Três Pistas no município de Atibaia.

Na área do bairro da Usina, foram identificados vestígios que, devido à pequena extensão, foram excluídos da análise nas imagens do CBERS-4. Para as outras áreas, fotografias são apresentadas junto as imagens na próxima seção.

3. Resultados e Discussão

A análise visual comparativa entre as imagens multiespectrais e a visual através das cores vermelho e ciano vermelho na combinação das imagens pancromáticas foi realizada para identificar os danos indicados nas fotografias e testemunhos no campo. A Figura 5 apresenta as imagens e as fotografias correspondentes na área de Jarinu.

Na área de Jarinu, o vendaval derrubou as árvores localizadas na praça da Igreja Matriz e na avenida de acesso a Matriz, como se pode observar na primeira e na segunda imagens de cima para baixo na Figura 5. Na comparação das imagens multiespectrais, pode-se perceber a alteração na Matriz, onde o verde foi perdido entre as duas imagens, indicando as árvores derrubadas. Na área do acesso, pode-se perceber o destaque em vermelho na imagem pancromática na edificação próxima ao acesso que representa um hotel destelhado. Deve-se destacar também que na imagem pancromática as áreas com árvores derrubadas estão em vermelho, assim como aquelas edificações com perda de cobertura clara.

A Figura 6 apresenta as imagens e as fotografias correspondentes na área do bairro dos Pires, onde ocorreram danos em um loteamento, com derrubada de postes e de muros, assim com quebra de árvores na área atrás do muro. Na imagem multiespectral pode-se perceber a alteração na vegetação atrás do muro, enquanto a imagem pancromática não apresenta claramente a derrubada das árvores. Na imagem pancromática nota-se a alteração para vermelho nas áreas asfaltadas, indicando o aumento da reflectância com a cobertura por lama. Na área com árvores derrubadas, pode-se perceber uma região avermelhada indicando o aumento de reflectância devido a ausência de folhas. Nota-se também na imagem pancromática a lâmina de água em vermelho, indicando uma turbidez maior após a ventania.



Figura 5. Imagens e as fotografias correspondentes na área de Jarinu. Observe os danos nas fotografias da praça da Matriz e na avenida de acesso a praça, e no posto de combustível e no restaurante localizado no acesso à cidade. O restaurante teve o telhado reconstruído.

A Figura 7 apresenta as imagens e as fotografias correspondentes na área do bairro 3 Pistas. As fotografias mostram um galpão com perda de cobertura, áreas com árvores quebradas, casas com novos telhados e algumas casas ainda destelhadas. Na comparação das imagens multiespectrais, o galpão é facilmente identificado como uma forma menos regular após a ventania. Existem alterações nas casas, mas são de difícil identificação devido ao pequeno tamanho destas e as diferentes coberturas, algumas de telhado cerâmico e outras de cimento. A área das árvores derrubadas está mais “rugosa”, mas sem uma clara definição de danos. A imagem pancromática apresenta alteração em ciano na cobertura do galpão, indicando uma reflectância menor após a ventania que pode ser devido a cobertura ser originalmente de material claro, como cimento ou alumínio, que foi removido. Na área das casas, pode-se também perceber pontos vermelhos e cianos, indicando a perda de telhados cerâmicos ou de cimento. Na área das árvores, as manchas vermelhas se destacam, indicando que a perda de vegetação aumentou a reflectância após o evento.

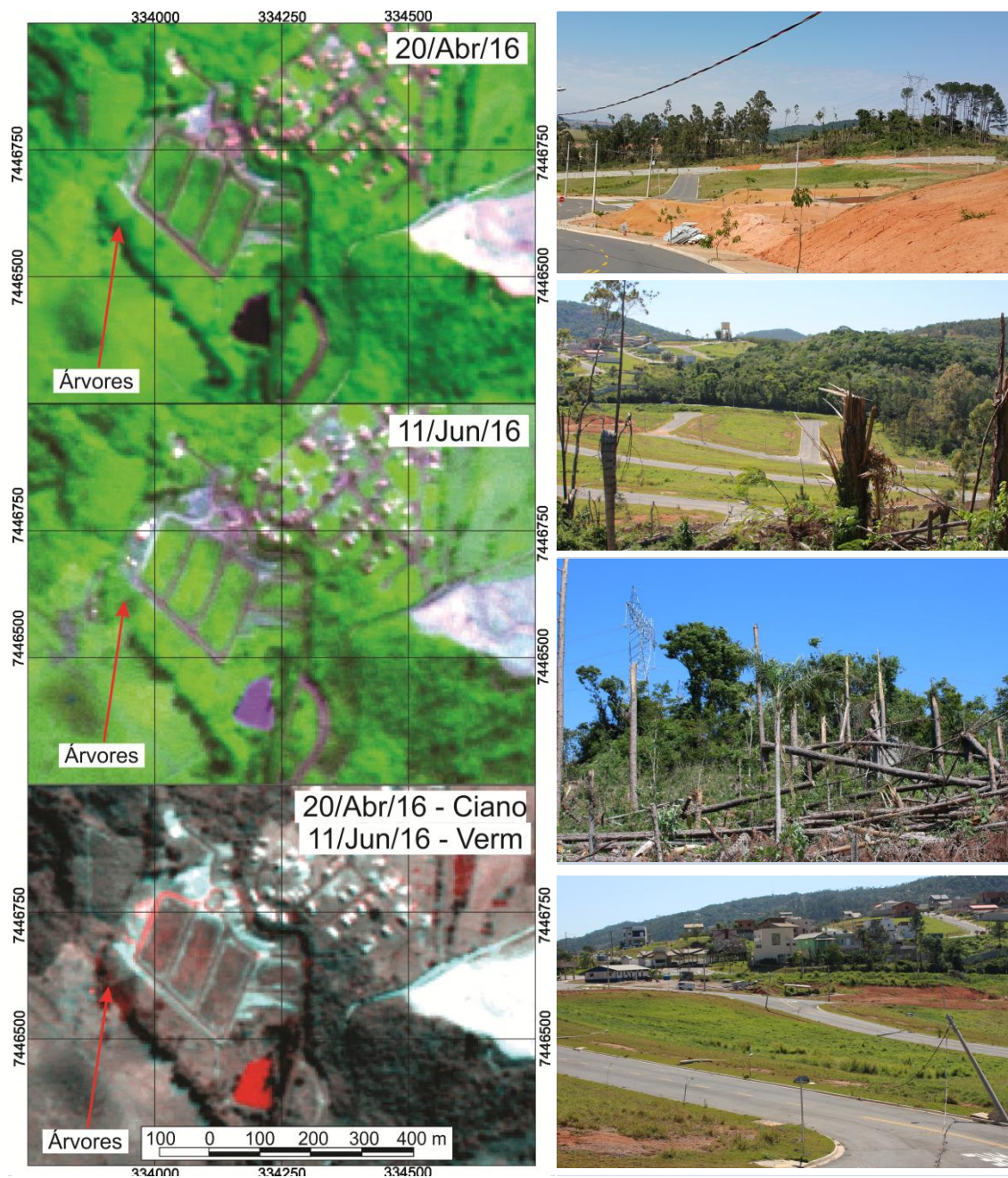


Figura 6. Imagens e as fotografias correspondentes na área do Bairro dos Pires. Os danos apresentados nas fotografias são a queda de partes do muro do loteamento e a quebra de árvores atrás do muro em uma largura pequena (menor que 50 metros).

4. Conclusões

Este trabalho demonstra que as imagens do sensor PAN do CBERS-4 tem potencial para identificar danos para o mapeamento em emergências. O processamento utilizado permite uma melhoria na nitidez da imagem através da restauração e da fusão cuidadosa das imagens multiespectrais e pancromática. A utilização da combinação de imagens pancromáticas de antes do evento e após o evento também demonstra potencial para mapear alvos com alteração na refletância, sendo que a perda de vegetação é facilmente detectada enquanto a perda de cobertura pode ser dificultada devido a materiais de alta e baixa refletância serem comumente utilizados. Entretanto, deve-se destacar que a combinação da análise visual das imagens multiespectrais de antes e após o evento com a imagem composta pelas imagens

pancromáticas de antes e após o evento em combinação vermelho/ciano apresenta o potencial para melhores resultados.



Figura 7. Imagens e as fotografias correspondentes na área do Bairro 3 Pistas. Nas fotografias, pode-se observar a perda da cobertura de um galpão, a quebra de árvores, casas com novos telhados e casas destelhadas.

4. Referências

- VOIGT, Stefan et al. Global trends in satellite-based emergency mapping. *Science*, v. 353, n. 6296, p. 247-252, 2016.
- Leila Fonseca, L. M. G., Namikawa, L. M., Castejon, E., Carvalho, L., Pinho, C., Pagamisse, A. Image Fusion for Remote Sensing Applications. In: Dr. Yufeng Zheng, Y. (Ed.), **Image Fusion and Its Applications**. InTech, 2011. DOI: 10.5772/22899. Available from: <http://www.intechopen.com/books/image-fusion-and-its-applications/image-fusion-for-remote-sensing-applications>
- FONSECA, L. M. G. **Restauração de imagens do satélite Landsat por meio de técnicas de projeto de filtros FIR**. 1988. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos/SP. 1988.
- EIPHANIO, J. C. N. CBERS-3/4: características e potencialidades. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR)., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 9009-9016. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQTRW/3A4A6C5>>. Acesso em: 14 nov. 2016.
- DE CASTRO, Antônio Luiz Coimbra. **Manual de planejamento em defesa civil**. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, 1999.