

ANÁLISE DE ÁREAS DE INUNDAÇÃO OBTIDAS PELO SOBEK 1/2D VIA LASER E COMPARAÇÃO COM OS MAPAS DE INUNDAÇÃO OBTIDOS POR MDE GRATUITOS, NA BACIA DO RIO GRANDE, BRASIL

Bernardo Lipski^{1}; Rosana de Fátima Colaço Gibertoni^{2*}; João Paulo Jankowski Saboia³; Rubem Luiz Daru⁴; Claudia Augusta Aguiar Machado Gemba⁵; Alberto Assis dos Reis⁶*

Resumo – Nas simulações ou preparação de mapas de inundações é necessário ter um modelo digital de terreno / elevação adequado, auxiliando assim, a tomada de decisões, previsões e / ou procurando minimizar a ocorrência de inundações. Os objetivos deste trabalho foram: (1) comparar as áreas de inundação obtidas através da simulação do SOBEK 1D/2D com modelos digitais de terreno/elevação obtidos pelo levantamento a laser (20 e 40m de resolução); (2) realizar uma análise de comparação entre as áreas de inundação obtidas com a utilização de MDE gratuitos de diferentes fontes (ASTER GDEM e SRTM, ambos com resolução espacial de 30m) com a área obtida através da simulação no SOBEK a partir dos dados do laser (20m). Concluiu-se que devido a falta de acurácia dos MDE gratuitos, não são recomendados para uma análise destinada a elaboração de mapas de inundação. A utilização de MDE/MDT originados do laser resulta em mapas com melhor acurácia vertical e, portanto, mais confiáveis.

Palavras-Chave – SRTM, ASTER, SOBEK.

ANALYSIS OF FLOOD AREAS OBTAINED BY SOBEK 1/2D BY LASER AND COMPARISON WITH FLOOD MAPS OBTAINED BY FREE DEM, IN THE RIVER BASIN GRANDE, BRAZIL

Abstract – In simulations or preparation of flood maps it is necessary to have a suitable digital terrain/ elevation model, thus helping decision making, forecasting and / or minimizing the occurrence of flooding. The objectives of this work were: (1) to compare the flood areas obtained by simulating the SOBEK 1D / 2D with digital terrain / elevation models obtained by the laser survey (20 and 40m resolution); (2) Perform a comparison analysis between the flood areas obtained using free DEMs from different sources (ASTER GDEM and SRTM, both with spatial resolution of 30m) with the area obtained through simulation in SOBEK from the data of the Laser (20m). It was concluded that due to the lack of accuracy of the free DEMs, they are not recommended for an analysis for the preparation of flood maps. The use of DEM / DTM originated from the laser results in maps with better vertical accuracy and, therefore, more reliable.

Keywords – STRM, ASTER, SOBEK.

¹Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Institutos Lactec, bernardo.lipski@lactec.org.br.

²Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Institutos Lactec, rosana@lactec.org.br.

³Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Institutos Lactec, joao.saboia@lactec.org.br.

⁴Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Institutos Lactec, daru@lactec.org.br.

⁵Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Institutos Lactec, claudia.gemba@lactec.org.br.

⁶ Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, betoreis@cemig.com.br.

1- INTRODUÇÃO

Os modelos hidrodinâmicos são ferramentas que podem ajudar na tomada de decisões, previsão e / ou minimizar a ocorrência de inundações através da utilização de uma adequada gestão das vazões dos reservatórios. No entanto, para modelos bidimensional (2D) é necessário obter um modelo digital de terreno/elevação adequado para ser utilizado em simulações ou na preparação de mapas de inundações. Desta forma, para salva-guardar vidas é de extrema importância que os modelos e/ou os mapas de inundação satisfaçam as condições do terreno e com acurácia em seus resultados.

O objetivo deste trabalho foi de comparar as áreas de inundação obtidas através da simulação do SOBEK 1D/2D com modelos digitais de terreno/elevação obtidos pelo levantamento a laser (20 e 40m de resolução) e além disso, realizar uma análise de comparação entre as áreas de inundação obtidas com a utilização de MDE gratuitos de diferentes fontes (ASTER GDEM e SRTM, ambos com resolução espacial de 30m) com a área obtida através da simulação no SOBEK a partir dos dados do laser (20m).

Este trabalho apresentado faz parte do projeto de P&D, intitulado “Implantação de Sistema para Acoplamento de Modelos e Informação Telemétrica Visando à Otimização da Operação de Reservatórios em Tempo real, com Foco no Controle de Cheias”. O projeto, que teve uma duração de quatro anos (entre out/2012 e out/2016), recebeu o código ANEEL PD-4951-0491/2012 e teve como proponente a empresa CEMIG Geração e Transmissão S/A. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG - foi responsável pelo devido apoio à pesquisa. O Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza – CEHPAR, do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Institutos Lactec - foi responsável pela execução do referido trabalho.

2- MATERIAL E MÉTODOS

A área e estudo escolhida foi a bacia do rio Grande na cidade de Ribeirão Vermelho – MG que compreende as UHE Camargos (Volume útil: 671,85 hm³); UHE Itutinga e UHE Funil (Fio d'água), conforme apresentado na figura 1. Nessa área foi feita a comparação entre as abordagens dimensionais na hidrodinâmica, considerando os dois tipos de informações topográficas disponíveis: as de melhor qualidade advindas do escaneamento a laser e as disponíveis gratuitamente.

Todos os resultados foram comparados com cenário de referência, para o qual foi adotado o resultado da simulação do SOBEK 1D/2D com modelo digital obtido da combinação do MDT e MDE (MD) de 20m, devido a maior resolução espacial do terreno e maior nível de detalhe quando comparado com os demais modelos digitais utilizados nesta etapa. Foi também testada a resolução de 10 m, entretanto, o modelo digital obtido não foi compatível para utilização no SOBEK, impossibilitando a finalização da simulação. A cheia utilizada na análise foi a de 2011/2012, cujo pico ocorreu no dia 10/01/2012.

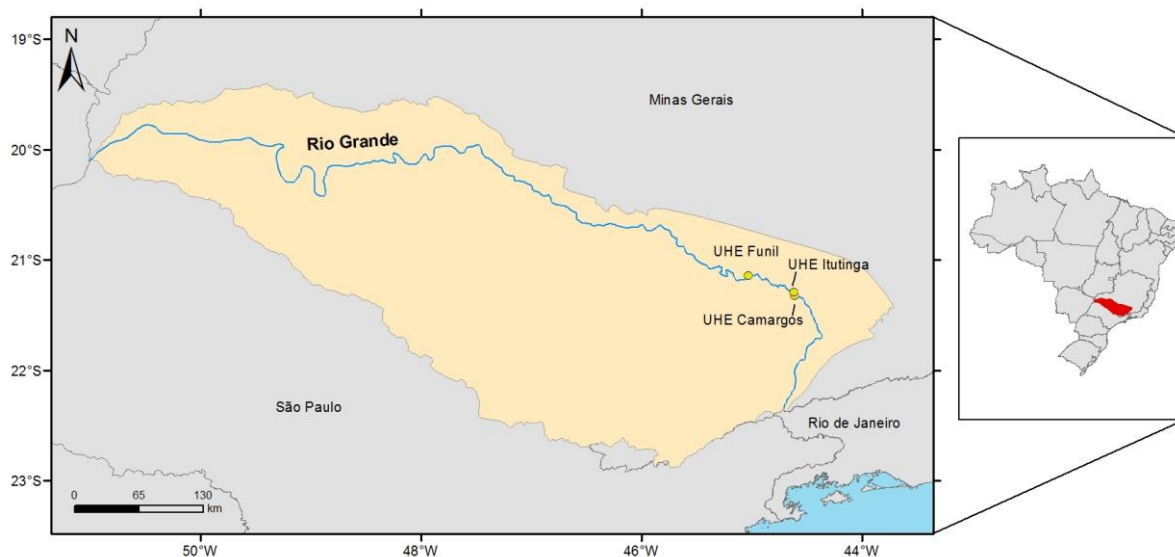


Figura 1 – Bacia hidrográfica do rio Grande

SOBEK (DELTARES, 2013) é um conjunto de modelagem que faz previsão de enchentes, otimização de sistemas de drenagem, controle de sistemas de irrigação, qualidade da água superficial, entre outros. Os módulos representam fenômenos e processos físicos de forma precisa em sistemas de rede unidimensionais e em grades horizontais bidimensionais, eles simulam os fluxos complexos e os processos relacionados à água em praticamente qualquer sistema. O SOBEK é adequado para modelagem e análise de: sistemas de irrigação e drenagem / sistemas rurais: hidráulica de canal aberto, sistemas fluviais, simulações de cenários de inundação, entre outros.

Os mapas de inundação advindos da modelagem com o SOBEK 1D/2D são obtidos diretamente da simulação, visto que a própria interface do software fornece os resultados das áreas de inundação através de mapas. Para obter os mapas de inundação obtidos pela utilização dos modelos digitais gratuitos foram utilizados os resultados da simulação do SOBEK 1D/2D no momento do pico (10/01/2012 às 11:00horas) para cada uma das seções contidas na área de estudo, e realizada a interpolação na região intermediária entre seções para gerar as áreas inundadas.

Ambos os MDEs do ASTER GDEM e do SRTM possuem resolução espacial de 30 m. A diferença entre estes modelos está no método de obtenção destas imagens, uma vez que as imagens do ASTER GDEM são oriundas de um sensor ótico (ASTER GDEM, 2009) e as do SRTM são de radar (Farr *et al.*, 2007). As imagens obtidas por sensores óticos são vulneráveis pelas interferências ocasionadas por nuvens (INPE, 2015).

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de inundação obtida pela simulação do SOBEK 1D/2D ao utilizar o MD de 20 m de resolução, obtido pelo laser, permitiu obter uma área alagada 1,57 km² durante a cheia de 10/01/2012 às 11:00h. O mapa de inundação obtido desta simulação de referência é apresentado na figura 2.

Ao comparar os resultados desta simulação de 20 m com a simulação que utilizou um MD menos detalhado (40 m), obtida também pelo SOBEK 1D/2D, os resultados são muito semelhantes entre si (figura 3). As áreas nos tons em azul (claro e escuro) representam a área de inundação

obtida pelo SOBEK 1D/2D de 20 m, sendo que as áreas em azul escuro representam a área subestimativa da simulação pelo SOBEK 1D/2D de 40 m e as áreas em azul claro as áreas obtidas por ambos os cenários. As áreas na cor vermelha representa a área subestimada pelo SOBEK 1D/2D de 20 m.

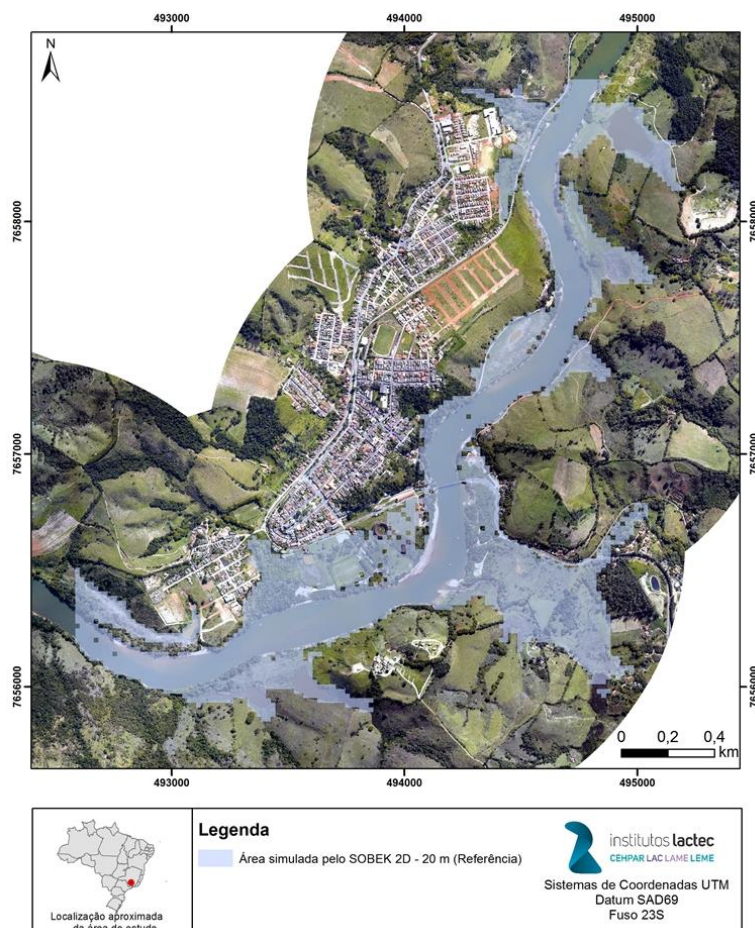


Figura 2 - Mapa de inundação obtido pelo SOBEK 1D/2D com um MD de 20 m de resolução obtido pelo Laser

Verifica-se que ao utilizar um MD obtido pelo laser com menor nível de detalhamento do terreno as áreas ao redor da calha de extravasamento do rio são muito semelhantes quando comparadas com o MD de 20 m. No caso analisado, ocorreram pequenas diferenças de sobrestimativas na margem direita e subestimativas na margem esquerda.

Em locais que as mudanças do terreno são suaves e contínuas nas cotas do terreno, mesmo reduzindo o nível de detalhe do terreno ainda é possível obter um MD com qualidade e com boa representação das cotas. Entretanto, nos locais onde ocorre uma mudança abrupta e descontínua, como um pequeno morro em um vale, ou uma elevação de uma estrada sobre um terreno plano, estas mudanças tornam-se menos sensíveis em modelos com menor resolução espacial, como ocorreu na área inundada em vermelho na região sudeste prevista pelo MD de 40 m, a qual não foi simulada pelo MD de melhor resolução. A inundação ocorreu pela passagem de água por um único pixel. Ao analisar as cotas próximas a este pixel, verificou-se que ocorreu uma elevação de aproximadamente 5 m em apenas em um dos pixels no MD de 20 m, o que gerou uma pequena elevação no cálculo da média das cotas que gerou o pixel da passagem da água. Entretanto, no

cálculo da média realizada para obter a resolução de 40 m foi gerada uma suavização das cotas, uma vez que um pixel de 40 m equivale a 4 pixels de 20 m.

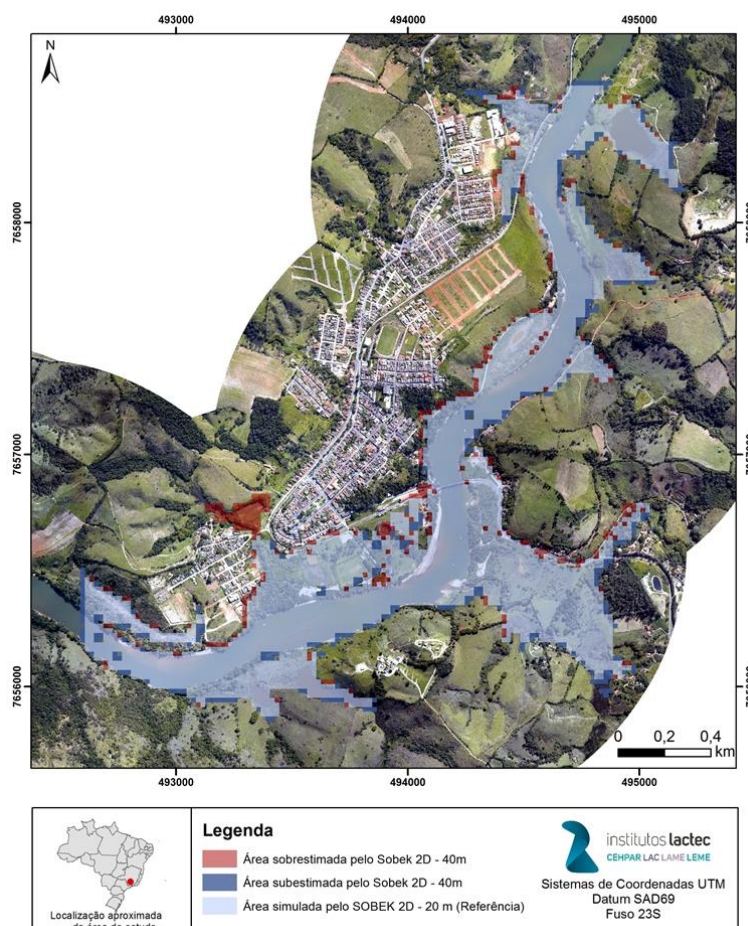


Figura 3 - Comparação da área simulada pelo SOBEK 1D/2D - 40 m com a área do SOBEK 1D/2D - 20 m

Os mapas de inundações obtidos com os MDE gratuitos ASTER GDEM e SRTM, os resultados não são satisfatórios conforme é possível verificar nas figuras 4 e 5, onde são apresentadas as comparações com o cenário de referência e o padrão de cores é o mesmo adotado para a Figura 3. Quando foi utilizado o MDE do ASTER ocorreram tanto sobrestimativas de áreas inundadas, que não foram simuladas pelos SOBEK 1D/2D de 20m, quanto subestimativas de áreas inundadas na própria calha do rio. Quando foi utilizado o SRTM, ocorreram equívocos similares ao ASTER, entretanto foram maiores as subestimadas de áreas alagadas.

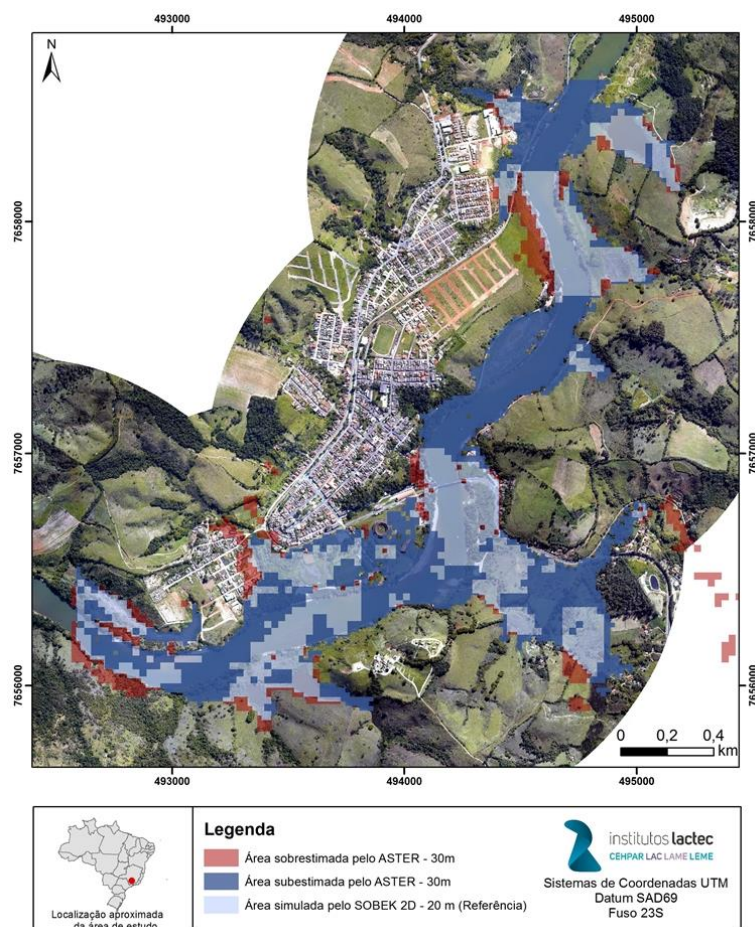


Figura 4 - Comparação da área obtida pelo MDE ASTER GDEM -30 m com a área do SOBEK 1D/2D -20 m

Na figura 6 são apresentadas as áreas sobrestimadas e subestimadas por cada um dos métodos analisados nesta etapa para elaborar mapa de inundação. Os valores estão em porcentagem em relação à área de inundação obtida pelo cenário de referência (SOBEK 1D/2D - 20 m). Os dados do MDE do SRTM demonstraram que ocorreram maiores subestimativas na elaboração do mapa de inundação devido à falta de acurácia nas cotas baixas do terreno. Já os dados do MDE do ASTER GDEM além de ocorrer estas subestimativas de áreas, inferiores ao SRTM, observou-se uma maior falta de acurácia nas cotas mais altas do terreno, ocasionando a sobrestimativas de áreas.

Conforme um estudo realizado por Araujo et al. (2014), verificou-se que o ASTER GDEM (30m) e SRTM (90m), possuíam um erro quadrático médio na altimetria, respectivamente de 9,69m e 11,07m quando comparados com 2475 pontos de controles obtidos a partir de GPS-RTK. Estes autores demonstraram que existe uma variabilidade espacial na altimetria do local analisado quanto em relação ao tipo de cobertura vegetal presente. Sendo que para estudos destinados a elaboração de mapas de inundação, rotas de fuga da população, ou até mesmo de planos de ações emergenciais qualquer erro superior a 1m na vertical pode ser crucial e fatal em um projeto ou estudo que se destina a salvar vidas.

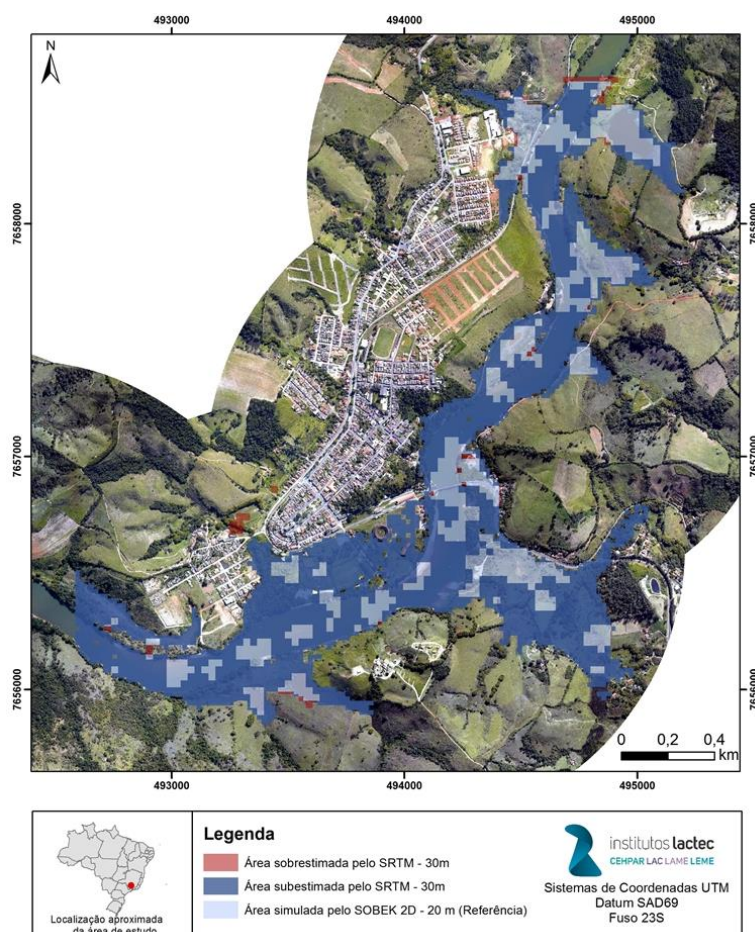


Figura 5- Comparação da área obtida pelo MDE SRTM – 30 m com a área do SOBEK 1D/2D – 20 m

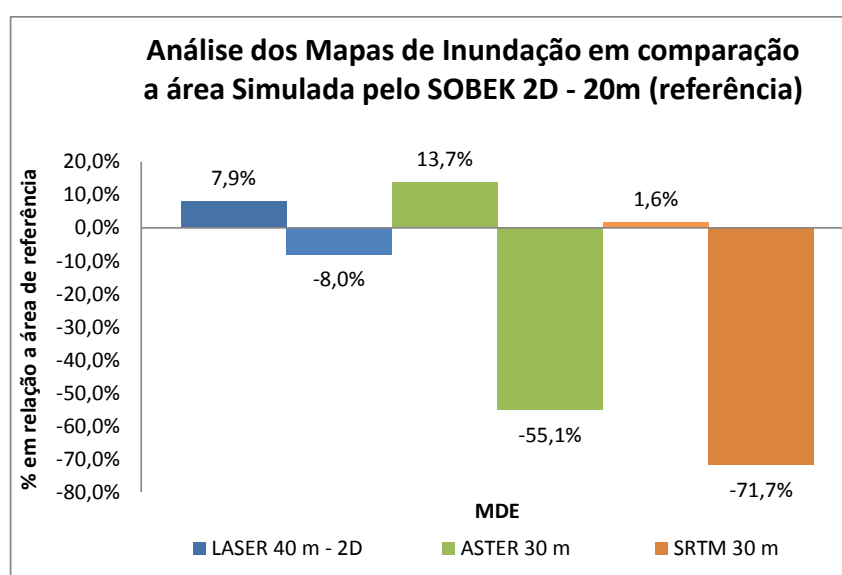


Figura 6 - Análise dos mapas de inundação em comparação com a área simulada pelo SOBEK 1D/2D – 20 m (referência)

4 – CONCLUSÕES

Considerando as informações apresentadas, conclui-se que para uma análise destinada a gerar mapas de inundação mais fidedignos possíveis, não se recomenda a utilização de MDE gratuitos, ASTER GDEM e SRTM, mesmo sendo estes com uma resolução muito próxima do adotado nesta comparação, devido a falta de acurácia vertical dos dados vertical, podem ocasionar informações equivocadas. Recomenda-se a aquisição de MDE ou MDT provenientes de levantamento a laser para a elaboração mais precisa do mapa de inundação, quer seja ele realizado por modelagem unidimensional ou bidimensional.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos são direcionados à CEMIG, FAPEMIG e ANEEL, instituições que possibilitaram a realização dos estudos aqui apresentados.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, O. S.; BRUM, E.V.P.; SILVA, E.P.; CAIONI, C. & CLAUDINO, W.V (2014). Acurácia posicional do modelo digital de terreno com os modelos digitais de elevação: astergdem, srtm e topodata. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19.

ASTER GDEM - Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model Version (2009). Disponível em: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>. Acesso em 15 maio 2017.

DELTARES (2013). *SOBEK User Manual*. Disponível em: <https://www.deltares.nl/en/software/sobek/>. Acesso em 02 maio 2017.

FARR, T.G.; ROSEN, P.A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHAFFER, C.; SHIMADA, J.; UMLAND, J.; WERNER, M.; OSKIN, M.; BURBANK, D. & ALSDORF, D. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, v.45.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2015). Disponível em: <http://www.inpe.br/informativo/02/nota.02.php>. Acesso em 19 maio 2017.