

IV-189 – FERRAMENTAS DE DADOS ESPACIAIS COMO SUPORTE A PROJETO DE OBRAS HÍDRICAS

Thaise Suanne Guimarães Ferreira⁽¹⁾

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste. Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste.

Maria Alice Britto Feitoza⁽²⁾

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste. Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste.

Hellen Xavier Tavares Vasconcelos⁽³⁾

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste.

Sabrina da Silva Corrêa⁽⁴⁾

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste. Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste.

José Almir Cirilo⁽⁵⁾

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste.

Endereço⁽¹⁾: Av. Campina Grande, s/n - Km 59 - Nova Caruaru - Caruaru – PE – CEP: 55014-900 - Brasil - Tel: (81) 2103-9194 - e-mail: thaisesuanne14@gmail.com

RESUMO

Os recursos hídricos são de grande importância para o desenvolvimento econômico e a dependência deles sempre esteve presente na sociedade. Elementos como reservatórios, canais e estações elevatórias são relevantes quando se trata do gerenciamento dos recursos hídricos, pois, além de outros fatores, estão diretamente ligados à distribuição de água para a população. Os reservatórios são responsáveis pelo armazenamento de água e pela regularização de vazões, ocupando assim uma importante posição, pois reservam a água em época onde a chuva é abundante e aumentam a oferta do recurso quando há pouca chuva. Além disso, podem servir como controle de cheias. A curva cota-área-volume é um instrumento essencial para o adequado planejamento de gestão dos reservatórios, podendo ser obtida através de batimetria ou com a utilização de dados georreferenciados da topografia da região, sendo essa segunda um método mais barato e rápido. Porém, para melhores resultados mais refinado deve ser os dados espaciais utilizados. Este trabalho tem como objetivo a análise da interferência da resolução de dados espaciais na qualidade dos resultados obtidos através da comparação das curvas cota-área-volume de uma barragem hipotética locada na bacia do rio Capibaribe, obtidas com ferramentas de geoprocessamento utilizando dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e do PE3D (Pernambuco Tridimensional). O PE3D é resultado do mapeamento do território pernambucano. Seus produtos são os modelos digitais do terreno (MDT), modelos digitais de elevação (MDE) e ortoimagens. O SRTM é o produto do trabalho de órgãos do Departamento Nacional de Defesa dos Estados Unidos, que coletou dados de 80% da superfície terrestre os disponibilizou publicamente. A partir da escolha da altura máxima da barragem, atentando seu limite à cotas que não inundassem áreas populadas, delimitou-se a bacia hidráulica. Com os modelos digitais para o reservatório da barragem de ambos projetos foi realizado o cálculo do volume através do *software* ArcGis. Foi obtida uma grande diferença entre os dados, tendo as curvas obtidas pelo PE3D melhor desempenho, o que evidencia que grandes erros podem ser cometidos em projetos de engenharia quando a precisão dos levantamentos plani-altimétricos é insuficiente. Destaque-se, portanto, a importância do PE3D para quaisquer projetos de engenharia no estado que requeiram o conhecimento do terreno.

PALAVRAS-CHAVE: Barragens, PE3D, SRTM, Geoprocessamento, Curva CAV.

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são de grande importância para o desenvolvimento econômico e a dependência deles sempre esteve presente na sociedade. A água tem como usos mais comuns a irrigação, a hidroeletricidade e o abastecimento doméstico e industrial. À medida que a necessidade de água aumenta e as atividades econômicas se diversificam os usos múltiplos também aumentam (TUNDISI, 2003). Elementos como reservatórios, canais e estações elevatórias são relevantes quando se trata do gerenciamento dos recursos hídricos, pois, além de outros fatores, estão diretamente ligados à distribuição de água para a população.

Os reservatórios são responsáveis pelo armazenamento de água e pela regularização de vazões, sendo considerados muito importantes, pois reservam a água em época onde a chuva é abundante e aumentam a oferta do recurso quando há pouca chuva. Além disso, podem servir como controle de cheias. Em Pernambuco, várias barragens foram implantadas com a intenção de resolver o problema das enchentes provocadas pelos rios, principalmente devido ao acontecimento em 2010, onde diversas cidades ribeirinhas de Pernambuco e do estado vizinho de Alagoas foram atingidas por uma cheia. (CIRILO et al., 2011). Diante dessas circunstâncias, é necessário que haja uma gestão adequada para garantir eficiência na utilização dos reservatórios como solução para esses problemas. Monitorar a capacidade de armazenamento de água é fundamental nessas situações, e o geoprocessamento possui técnicas que podem facilitar essa tarefa.

Nas últimas décadas, com os avanços tecnológicos, o uso do sensoriamento remoto tem facilitado o gerenciamento de recursos hídricos através de vários processos, como o mapeamento de grandes áreas. Um exemplo disso é o mapeamento realizado no estado de Pernambuco por causa das grandes enchentes de 2011, que afetaram algumas regiões do estado. O produto desse mapeamento recebeu o nome de Pernambuco Tridimensional e contém dados do modelo digital do terreno, modelo digital de elevação e ortomagens, com um total de 98.084 km² de área mapeada (PERNAMBUCO, 2018).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas computacionais para geoprocessamento que criam bancos de dados georreferenciados e permitem integrar dados de diversas fontes, sobrepondo diferentes camadas de arquivos para uma melhor análise e aproveitamento dos dados (REBOLÇAS, 2012). O SIG possui utilização direta na hidrologia por incluir ferramentas que permitem a manipulação do modelo numérico do terreno, o que gera informações como características fisiográficas, delimitação da rede de fluxo e bacia de drenagem (ÁVILA et al., 2007). Os *softwares* QGIS e ArcGIS, que realizam análises em ambiente de SIG, foram utilizados, neste trabalho, como ferramentas para construção das curvas cota-área-volume, que são utilizadas para determinar a capacidade de armazenamento de um reservatório.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo a análise da interferência da resolução de dados espaciais na qualidade dos resultados obtidos através da comparação das curvas cota-área-volume de uma barragem hipotética locada na bacia do rio Capibaribe, obtidas com ferramentas de geoprocessamento utilizando dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e do PE3D (Pernambuco Tridimensional).

METODOLOGIA

Área de Estudo

O estudo se deu na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, também chamada de Unidade de Planejamento Hídrico 2 (UP2). De acordo com a APAC (2018), a bacia está localizada na parte norte-oriental do estado, suas coordenadas variam de 07° 41' 20" a 08° 19' 30" de latitude sul, e 34° 51' 00" a 36° 41' 58" de longitude oeste, com área de 7.454,88 km² e contendo 42 municípios do estado. A nascente do rio Capibaribe, principal rio da bacia, localiza-se na divisa dos municípios de Poção e Jataúba, seus principais afluentes encontram-se na margem direita do rio. Alguns dos reservatórios que estão no seu território são Carpina, Goitá, Jucazinho, Poço Fundo, Tapacurá, Engenho Gercino de Pontes, Várzea do Una, Oitís, Santa Luzia e Machado.

A bacia do rio Capibaribe abrange as regiões litorâneas, agreste e zona da mata do estado de Pernambuco, o que traz como consequência uma grande variabilidade nas suas características de solo, vegetação, relevo, clima e socioeconômica. Essa bacia possui grande importância para o desenvolvimento econômico e social dos municípios que corta, um exemplo é a dependência do rio Capibaribe para o desenvolvimento do polo industrial

têxtil e de confecção das cidades de Toritama, Santa Cruz do Capibaribe e Caruaru, além de ter sido um limitador natural para a ocupação da cidade do Recife no período do seu desenvolvimento. (REFERENCIAR PLANO HIDROAMBIENTAL).

Pernambuco Tridimensional (PE3D)

O Pernambuco Tridimensional é resultado do mapeamento do território pernambucano. Seus produtos são os modelos digitais do terreno (MDT), modelos digitais de elevação (MDE) e ortoimagens. Esses produtos existem em duas escalas diferentes: 1 para 5000 para a maioria do território pernambucano e 1 para 1000 para 23 municípios do estado. Segundo Cirilo et al. (2014), os erros associados aos MDT's com escala 1 para 5000 são de 25 centímetros e na escala 1 para 1000 são de 10 centímetros.

Segundo Cirilo et al. (2014), o projeto Pernambuco Tridimensional foi desenvolvido devido a necessidade de obtenção de informações sobre a topografia da área atingida pelas grandes cheias que ocorreram em 2011 em parte do território do estado, como a mata sul e agreste meridional. Essa ideia então foi ampliada para todo o estado, a partir de janeiro de 2014, obtendo-se assim um produto com uma precisão superior aos já disponíveis até o momento. Esses dados foram obtidos por perfilamento a laser utilizando LiDAR (*Ligh Detection and Ranging*) e mapeamento aerofotogramétrico, com área total mapeada de 98.084 km² e 75 bilhões de pontos cotados. De acordo com Cirilo et al. (2015), a ferramenta LiDAR permite que sejam obtidas informações sobre a forma da superfície terrestre com uma precisão alta e é realizada através da emissão de pulsos de luz obtendo-se assim as elevações do terreno.

Segundo PE3D (2018), o programa possui diversos benefícios como: utilização em grandes obras que precisam de um bom detalhamento do terreno, obras hídricas e de estradas por exemplo; no setor ambiental como a identificação e quantificação de danos ambientais; no ambiente urbano como a identificação da situação de verticalização, para que isso auxilie a gestão pública na tomada de decisão; no setor empresarial como atração de novos empreendimentos através do detalhamento do terreno que pode evidenciar áreas mais atrativas; no campo acadêmico gerando novas ferramentas tecnológicas a partir desses produtos e nas técnicas avançadas de planejamento e uso do solo, que podem trazer como benefício uma maior eficiência pública na realização de novos estudos.

Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

Segundo o U.S. *GEOLOGICAL SURVEY* (2018), a missão do *Shuttle Radar Topography* durou de 11 a 22 de fevereiro de 2000, onde foi orbitada a terra 16 vezes por dia durante os 11 dias, resultando num total de 176 órbitas. Foram coletados dados de cerca de 80% da superfície terrestre contida entre as coordenadas de latitude 60° norte e 56° sul. De acordo com Farr et al. (2000), essa missão ocorreu no ônibus espacial *Endeavour* e foi o resultado de um projeto de cooperação entre a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e a NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*) do Departamento Nacional de Defesa dos Estados Unidos.

Para Cirilo et al. (2014), o SRTM surgiu devido a necessidade de uma base altimétrica global confiável. Para a base de dados disponível publicamente os pontos são cotados para cada 90 metros, existem dados com uma resolução melhor a cada 90m, porém o governo americano não os disponibilizou ao público. Alguns exemplos de trabalhos desenvolvidos sobre o SRTM são Rabus et al. (2003), Van Zyl (2001) e Farr et al. (2007).

Locação da barragem a partir do MDT

Primeiramente, utilizou-se do modelo digital de elevação do SRTM para todo o estado de Pernambuco para gerar as curvas de nível em intervalos de 1 metro para toda a bacia hidrográfica, sendo possível assim identificar os pontos mais propícios para a construção de uma barragem, atentando a obediência de alguns critérios limitantes da escolha do lugar como: pontos que possuem estreitamento natural para que os gastos com a estrutura da barragem sejam menores; distantes de outras barragens existentes, para que o funcionamento de uma não altere o funcionamento da outra; distantes de cidades de forma que a área alagada não submerja área com habitações; com uma área de contribuição considerável para que a captação de água seja maior.

Dessa forma, o ponto escolhido está localizado próximo do município de Riacho das Almas. A Figura 1 mostra a localização da barragem na bacia do rio Capibaribe com relação ao estado de Pernambuco. Já a Figura 2 mostra a posição do ponto escolhido para construção da barragem relativo a bacia do rio Capibaribe e sua rede de drenagem.

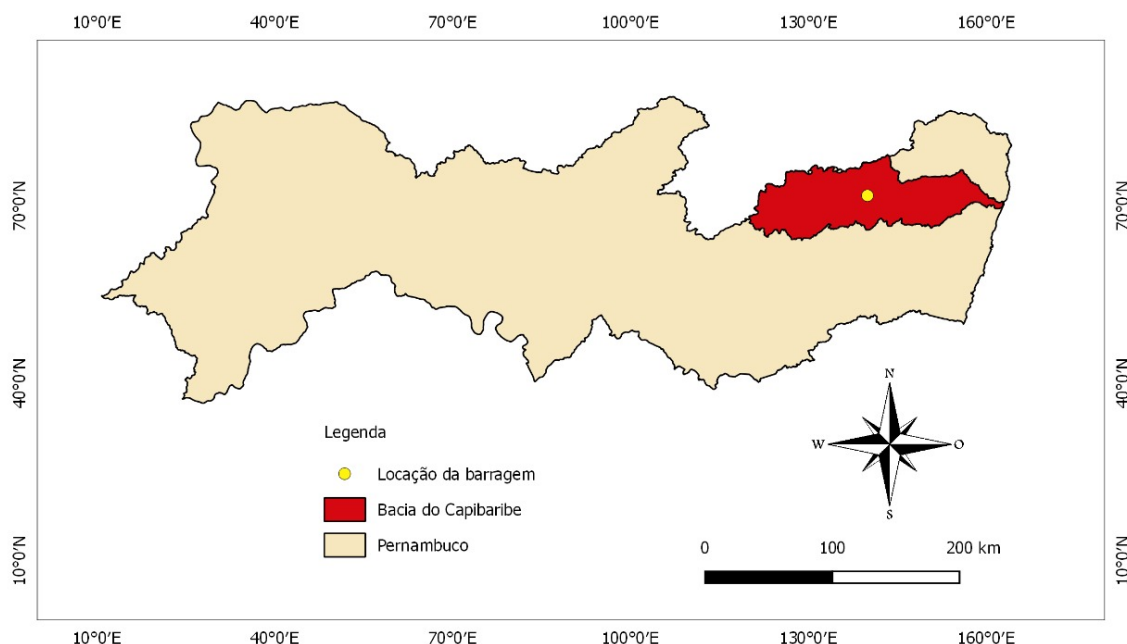


Figura 1: Localização da bacia do rio Capibaribe no estado de Pernambuco.

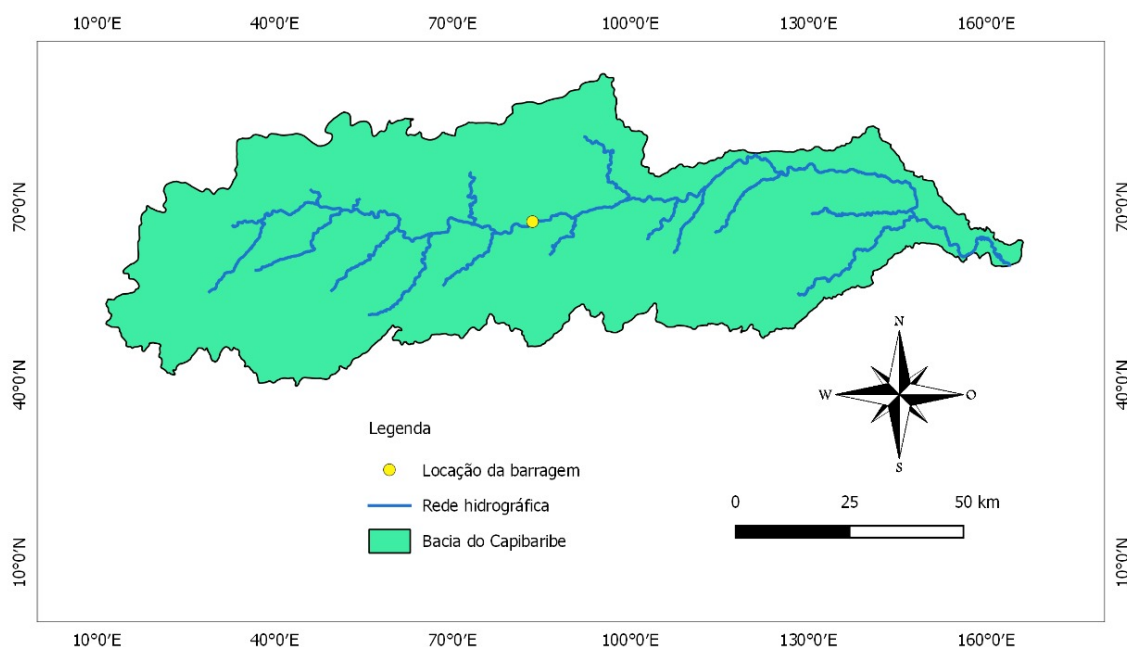


Figura 2: Bacia do Capibaribe, com rede de rios e localização da bacia escolhida.

Curva cota-área-volume

A curva cota-área-volume foi realizada para os produtos SRTM e PE3D afim de realizar a comparação entre as precisões de ambos. Dessa forma, foi escolhida a altura máxima da barragem hipotética em que a bacia hidráulica estaria contida, o critério para a escolha dessa cota é o máximo volume reservado de forma que não haja alagamento das cidades vizinhas e ocupe a menor área inundada possível. A altura escolhida foi 45 metros, limitando a região entre as cotas 270m e 315m.

A partir disso foi realizada mais uma vez a curva de nível em intervalos de 1m com o modelo digital de elevação do SRTM, que é menos preciso e por isso mais fácil de ser processado, obtendo-se assim a delimitação da região do reservatório para essa base de dados. A partir da delimitação com o SRTM foi possível a seleção da mesma área para a base de dados do PE3D.

Com os modelos digitais para o reservatório da barragem hipotética de ambos projetos foi realizado o cálculo do volume através do *software* ArcGis. A ferramenta *Surface Volume* proporciona os resultados para a área 2D, área 3D e volume abaixo de cada cota. A Figura 3 mostra a área total abrangida pelo reservatório da barragem para o produto SRTM e a Figura 4 para o produto PE3D, é visível a diferença de detalhamento entre ambos, com o PE3D possuindo uma qualidade de detalhes superior ao SRTM.

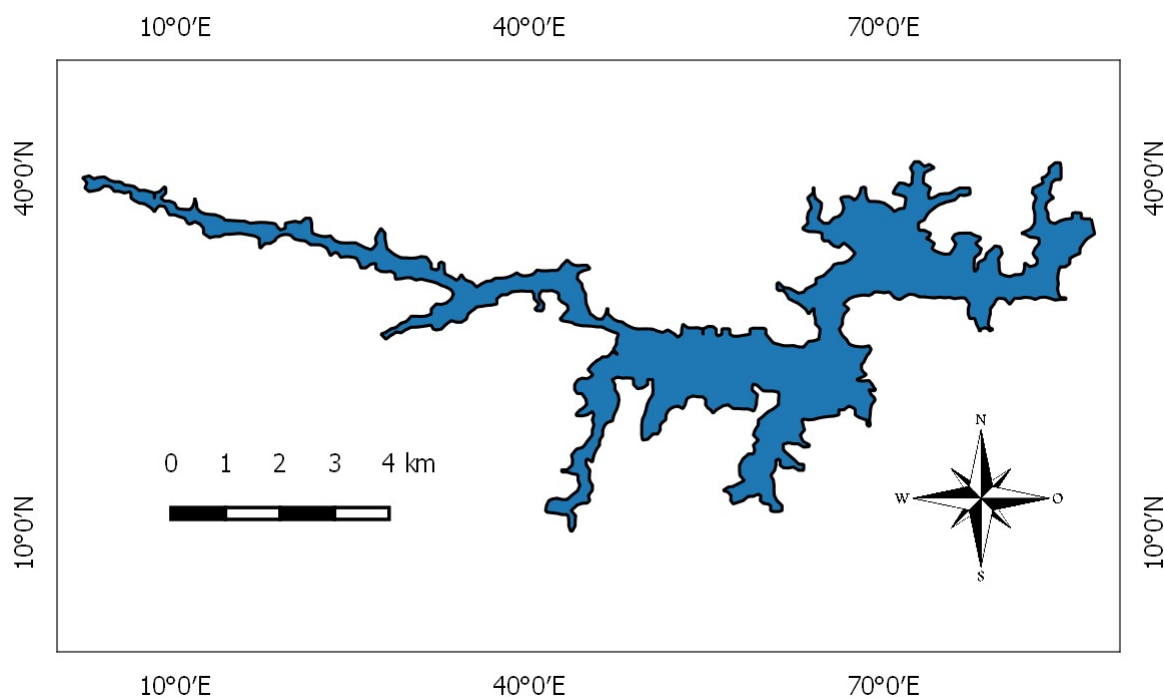


Figura 3: Área alagada pelo reservatório hídrico na cota 315 metros (Produto SRTM).

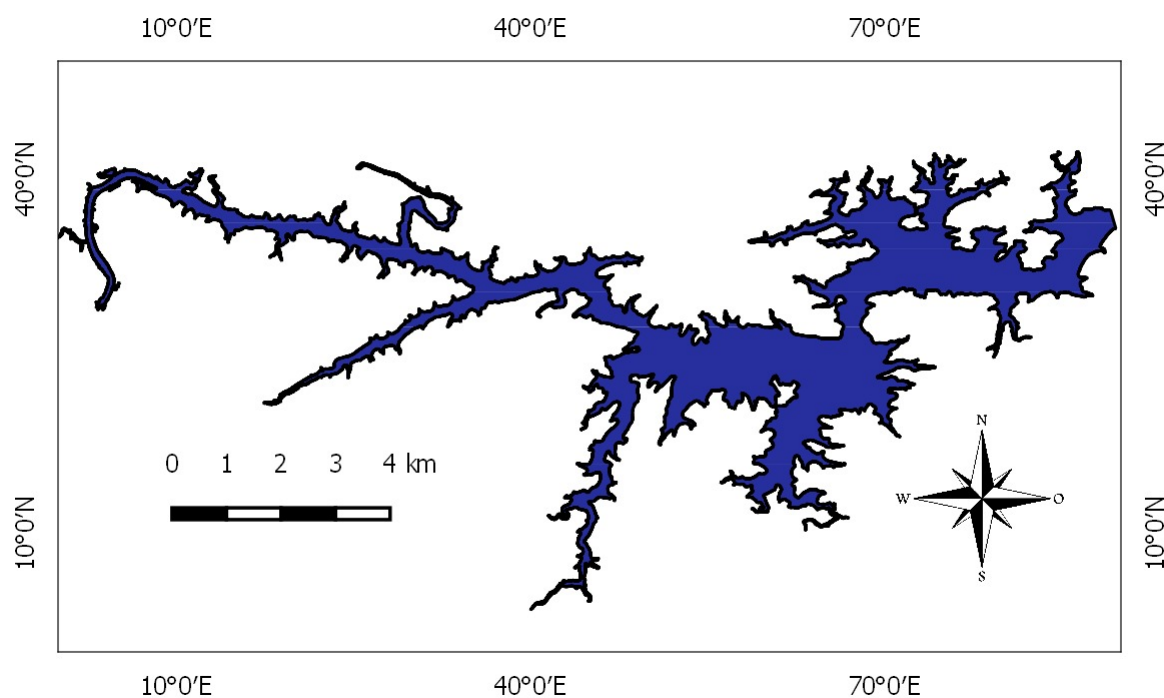


Figura 4: Área alagada pelo reservatório hídrico na cota 315 metros (Produto PE3D).

RESULTADOS

Obtidos os valores e gráficos das cotas, áreas e volumes os mesmos estão dispostos na Figura 5, onde encontram-se as curvas área-cota para ambos os produtos, na Figura 6 as curvas volume-cota e na Figura 7 as curvas volume-área. As diferenças entre as áreas e volumes obtidos em ambos encontram-se nas Figuras 8 e 9, respectivamente.

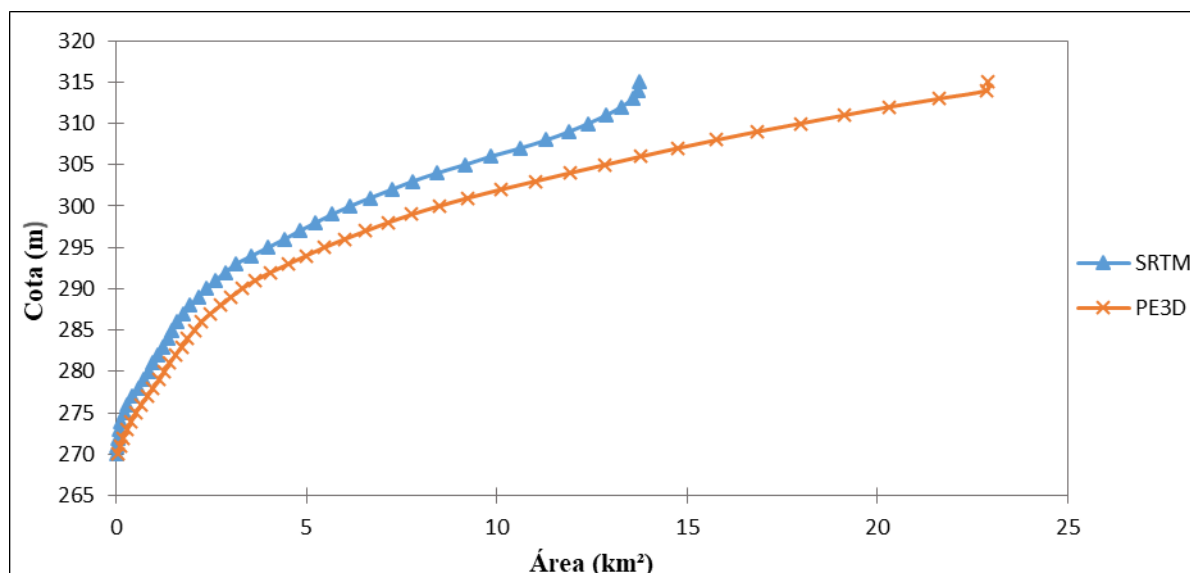


Figura 5: Curvas Área-Cota para cada produto

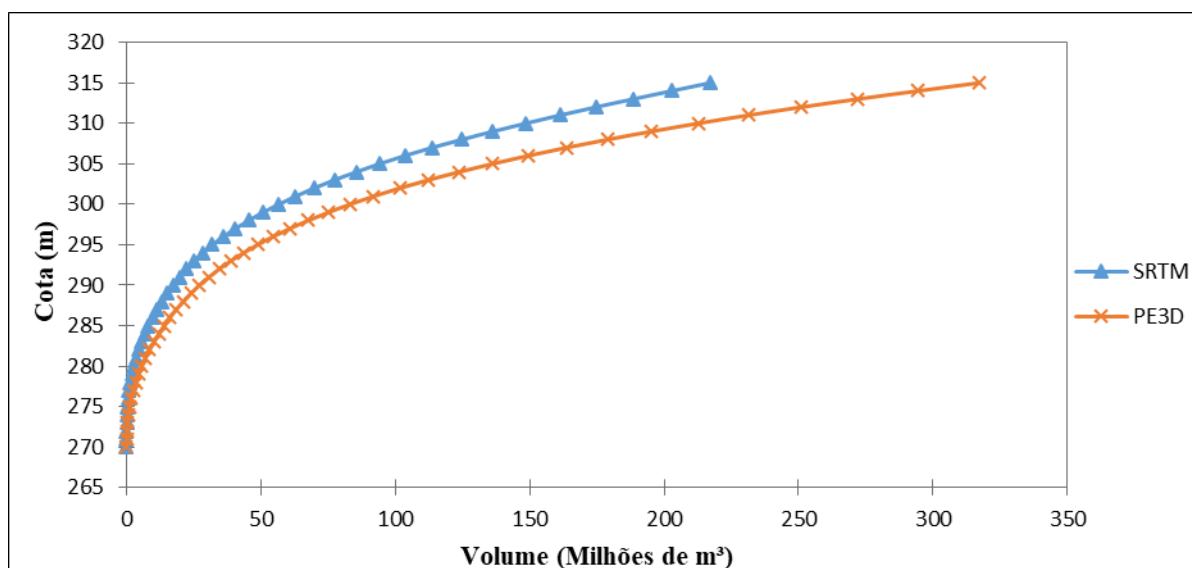


Figura 6: Curvas Volume-Cota para cada produto

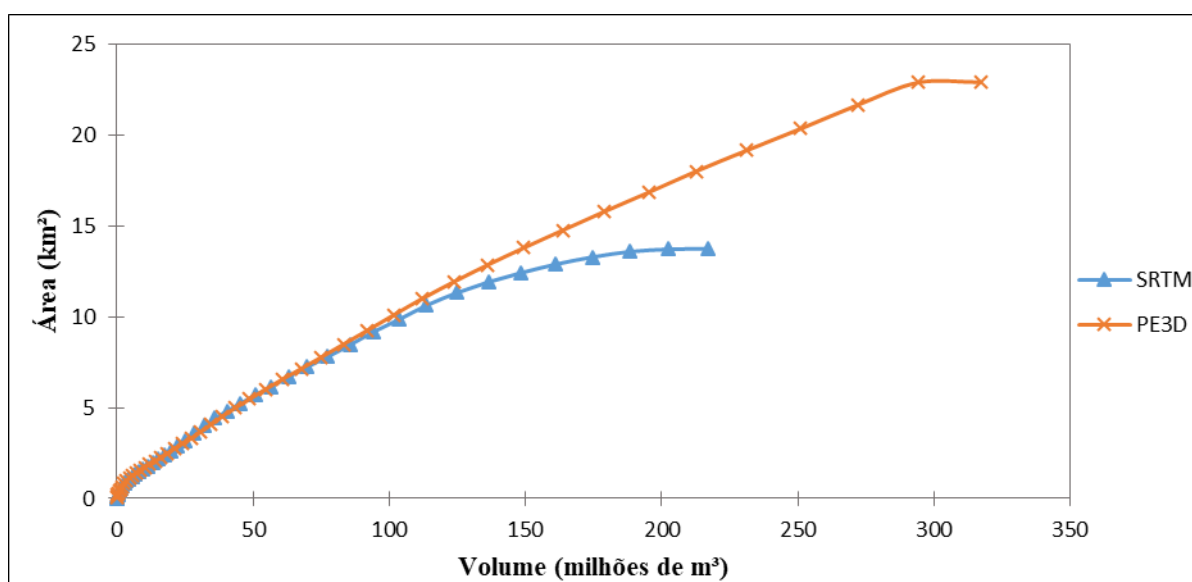


Figura 7: Curvas Volume-Área para cada produto

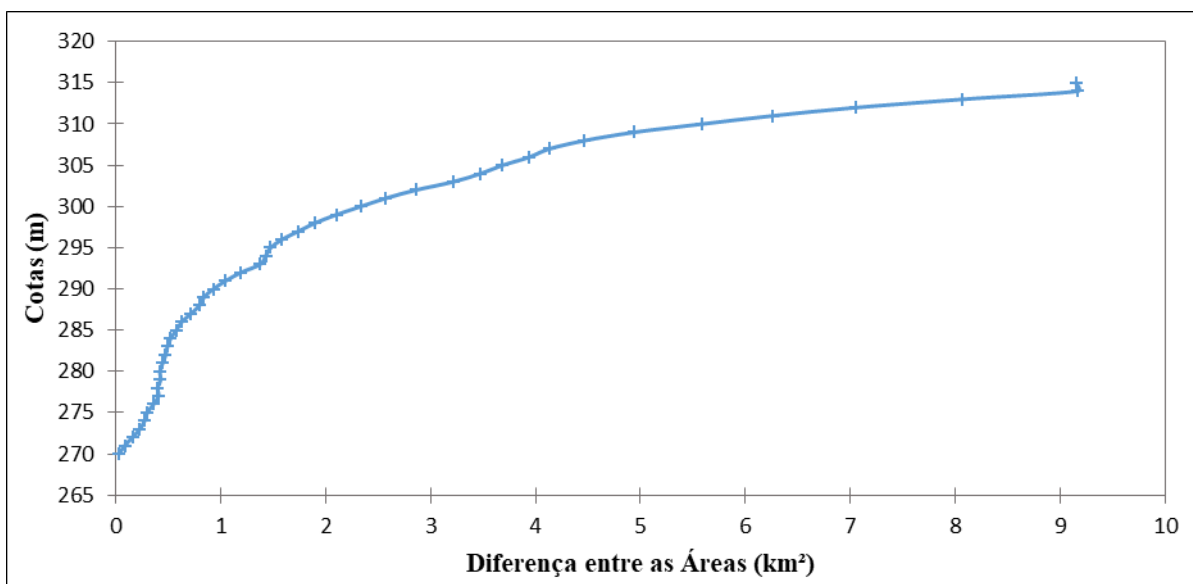


Figura 8: Diferenças entre as áreas gerados entre os produtos PE3D e SRTM.

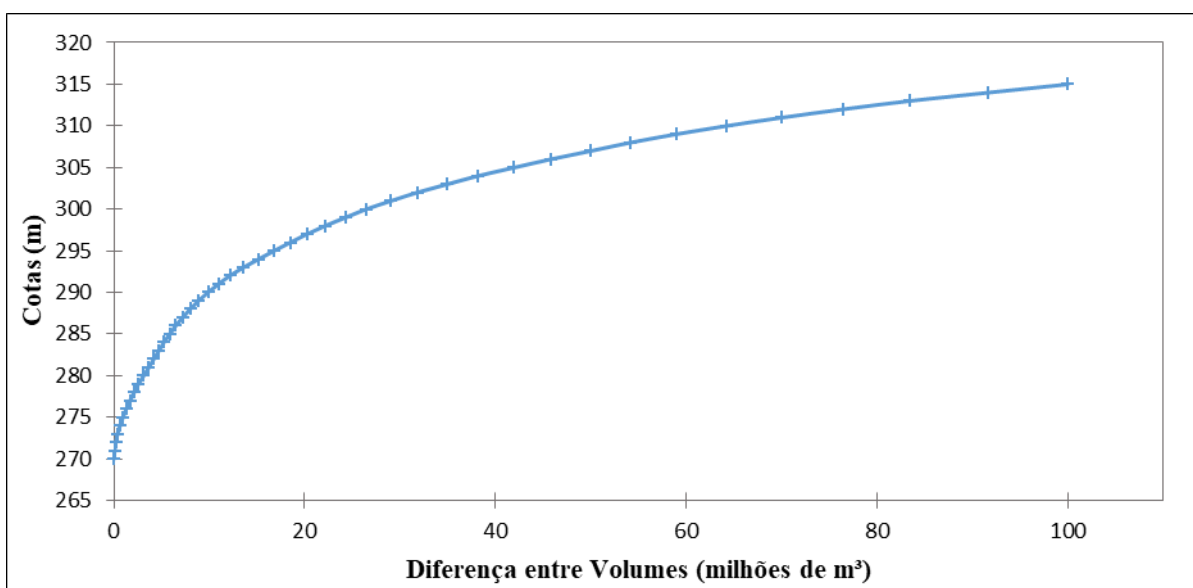


Figura 9: Diferenças entre os volumes gerados entre os produtos PE3D e SRTM.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como já era esperado a diferença de volumes e áreas entre ambos os modelos foi bastante considerável, isso ocorre devido a melhor precisão e consequente menor erro do PE3D quando comparado ao SRTM. A tendência tanto da diferença entre as áreas quanto da diferença entre volumes é decrescer conforme se diminui a cota. No nível mais alto, 315m, a diferença de volumes entre ambos é de cerca de 100 milhões de metros cúbicos, e no nível mais baixo 0.0095 m³. Já a diferença entre as áreas varia de pouco mais de 9 km² a 0.028 km².

O estudo em questão demonstra a grande diferença entre o produto com maior precisão PE3D e o SRTM, isso evidencia a importância da existência do PE3D como uma base de dados disponível para autoridades ligadas ao planejamento dos recursos hídricos e a sociedade geral, incluindo as empresas privadas, por evitar ou eliminar os custos com levantamentos topográficos ou novos perfilamentos laser no estado de Pernambuco.

Além da economia gerada por evitar novos levantamentos ou mapeamentos, pode-se também facilitar a implantação de obras hídricas por fornecer informações hidrológicas com maior qualidade, como a rede de drenagem, sub-bacias, declividades e curvas de nível. Também pode agregar facilidade, por possuir informações de fácil manipulação sobre o relevo da região em que será implementada a obra e auxiliar sua locação. E principalmente a velocidade com que os projetos de engenharia podem ser desenvolvidos sem que haja a necessidade de ser realizado um levantamento topográfico antes do projeto propriamente dito e a diminuição da burocracia nos órgãos públicos com licitações para esse tipo de serviço.

CONCLUSÕES

Percebe-se, dos resultados apresentados, que grandes erros podem ser cometidos em projetos de engenharia quando a precisão dos levantamentos plani-altimétricos é insuficiente. Com os dados utilizados no estudo demonstrou-se que para as mesmas cotas estudadas os valores de áreas e volumes apresentaram uma diferença maior conforme o aumento da cota, o que ocorre devido a maior quantidade de pontos cotados do PE3D que faz com que a definição desse produto seja bem mais próxima a realidade. Destaque-se, portanto, a importância do PE3D para quaisquer projetos de engenharia no estado que requeiram o conhecimento do terreno.

O PE3D além de ser de grande importância demonstra as vantagens com desenvolvimentos desse tipo de produto para outras localidades, tanto por ser um fator de economia e praticidade, quanto pela velocidade no desenvolvimento de projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br>>. Acesso em: Set.2018.
2. ÁVILA, C. J. C. P.; ASSAD, E. D.; VERDESIO, J. J.; EID, N. J.; SOARES, W.; FREITAS, M. Geoprocessamento da informação hidrológica. ASFAGRO: trabalhos técnicos, 2007.
3. CIRILO, J. A.; ALVES, F.H.B.; SILVA, L. A. C.; CAMPOS, J. H. A. L. (2014). Suporte de Informações Georreferenciadas de Alta Resolução para Implantação de Infraestrutura e Planejamento Territorial. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 7, p. 755-763.
4. CIRILO, J. A.; ALVES, F.H.B.; SILVA, B. M.; CAMPOS, P. H. A. L. PERNAMBUCO TRIDIMENSIONAL: base de dados espaciais para planejamento urbano e gestão territorial. In: 12o. Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, 2015, Brasília, DF. 12o. Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa. Lisboa, Portugal: Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, v. 1. p. 81-100, 2015.
5. CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ASFORA, M. C.; TORRES FILHO, C. D. O. Control and flood forecasting in the state of Pernambuco, Brazil: hidrological aspects and actions for reconstruction. XIVth IWRA World Water Congress, Porto de Galinhas-PE p. 100, 2011.
6. DANTAS, C.E.O. ; CIRILO, J. A.; RIBEIRO NETO, A.; SILVA, E. R. Caracterização da Formação de Cheias na Bacia do Rio Una em Pernambuco: Análise Estatística Regional. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, p. 239-248, 2014.
7. FARR, T. G.; KOBRICK, M. *Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data*. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, v. 81, n. 48, p. 583-585, 2000.
8. FARR, T. G.; ROSEN, P.A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHIMADA, J.; UMLAND, J.; WERNER, M.; OSKIN, M.; BURBANK, D.; ALSDORF, D. *The Shuttle Radar Topography Mission. Review of Geophysics*, v.45, 2007.
9. MATOS, A. J. S.; ESTIGONI, M. V.; MAUAD, F.F. Variação de volume calculado em grandes reservatórios utilizando diferentes metodologias de levantamentos batimétricos. In: XIV Congresso Mundial de Água, São Carlos-SP, 2011.
10. PERNAMBUCO. Pernambuco Tridimensional (PE3D). Disponível em: <<http://www.pe3d.pe.gov.br>>. Acesso em: Out. 2018.
11. QGIS. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/>. Acesso em: Jul.2018.
12. RABUS, B.; EINER, M.; ROTH, R.; BAMLER, R. *The Shuttle Radar Topography Mission – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar*. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, v.57, p.241-262, 2003.

13. RIBEIRO NETO, A.; CIRILO, J. A.; DANTAS, C. E. O.; SILVA, E. R. Caracterização da Formação de Cheias na Bacia do Rio Una em Pernambuco: Simulação Hidrológica-Hidrodinâmica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 20, p. 394-403, 2015.
14. REBOUÇAS, J. A.; ALMEIDA, C. L. D.; CIPRIANO, S. A.; LOPES, F. B. Proposta de utilização da interface Python/ArcGIS na elaboração da curva cota-área-volume de reservatórios. Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação (XII CONNEPI), Palmas-TO. p. 6, 2012.
15. TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos. *Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da Unicamp*, São Carlos-SP, v. 1, 2003.
16. U.S. GEOLOGICAL SURVEY. *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*. Disponível em: <<https://lta.cr.usgs.gov/SRTM/>>. Acesso em: Set. 2018.
17. VAN ZYL, J.J. *The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography*. *Acta Astronautica*, v. 48, p. 559-565. 2001.