

## **XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

### **EM BUSCA DE UM MDT GLOBAL: EVOLUÇÃO HISTÓRICA E ANÁLISE COMPARATIVA DE MDES GLOBAIS**

*Natália Maria Mendes Silva<sup>1</sup> & Adriano Rolim da Paz<sup>2</sup>*

**Abstract:** This study presents a comparative analysis of nine global DEMs with varying spatial resolutions and levels of correction for vegetation and building effects. The assessment includes classical datasets such as ETOPO5 and GTOPO30, early high-resolution models SRTM90 and SRTM30, and more recent products like COPDEM, FABDEM, FathomDEM, GEDTM30, and ANADEM. The comparison is based on typical hydrological applications, including watershed delineation, main river length, and cross-sectional topographic profiles, applied to six Brazilian catchments of varying scales and contrasting characteristics. The results highlight the limitations of coarse-resolution DEMs and emphasize the improvements achieved by newer models that incorporate artifact removal techniques. FABDEM and FathomDEM demonstrated superior performance in urban areas, while ANADEM and FABDEM excelled in densely vegetated regions of the Amazon. The study concludes that the choice of DEM can significantly affect hydrological modeling outcomes, and that no currently available global DEM can yet be considered a true DTM.

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma análise comparativa de nove MDEs globais, com diferentes resoluções espaciais e níveis de correção dos efeitos de vegetação e edificações. São avaliados produtos clássicos como ETOPO5 e GTOPO30, os precursores SRTM90 e SRTM30, e modelos recentes como COPDEM, FABDEM, FathomDEM, GEDTM30 e ANADEM. A comparação considera produtos hidrológicos usuais (delimitação de bacias, comprimento do rio principal e perfis topográficos transversais) em seis bacias hidrográficas brasileiras com distintas escalas e características contrastantes. Os resultados evidenciam limitações dos MDEs de baixa resolução e destacam o avanço representado por produtos recentes que incorporam técnicas de remoção de artefatos. FABDEM e FathomDEM apresentaram melhor desempenho em áreas urbanas, enquanto o FABDEM e o ANADEM se destacaram na Amazônia. Conclui-se que a escolha do MDE pode influenciar significativamente os resultados de estudos hidrológicos e que nenhum MDE global pode ser efetivamente considerado um MDT.

**Palavras-Chave** – Modelo Digital de Elevação; Geoprocessamento; Modelo Digital de Terreno

## **INTRODUÇÃO**

A topografia é uma variável chave para estudar o meio ambiente. As variações de elevação explicam ou ajudam a explicar a variabilidade espacial de características, processos e fenômenos

<sup>1</sup>) Mestranda da Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental/UFPB, João Pessoa PB. E-mail: nataliamendes.07@gmail.com

<sup>2</sup>) Professor Associado, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus I, João Pessoa PB, 58051-900; (83)32167355; adrianorpaz@yahoo.com.br.

ambientais. Isso se aplica a diferentes áreas de estudo, como ecologia (ocorrência e distribuição espacial de espécies, áreas de predação...), energias renováveis (áreas aptas para aproveitamento solar ou eólico), poluição atmosférica (dispersão de poluentes), saneamento ambiental (identificação de áreas para aterro sanitário) e recursos hídricos (caracterização de bacias hidrográficas, estudos hidrológicos...).

A forma mais prática para trabalhar os dados topográficos é na forma matricial, como Modelos Digitais de Elevação (MDEs). A nível global, dados desse tipo e formato estavam disponíveis abertamente apenas na escala de quilômetros até antes do início dos anos 2000, como dados do ETOPO5 (Earth TOPOgraphy - 5 arco minutos de resolução ou quase 10 km ao nível do Equador) disponibilizados em 1987 e dados do GTOPO30 (Global 30 Arc-Second Elevation, com aproximadamente 1 km de resolução espacial) e produzido em 1996.

No ano 2000, a missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) coletou dados a partir de uma espaçonave em órbita da Terra e causou uma revolução, com a disponibilização de MDEs com resolução espacial inicialmente de 90 (SRTM90) e posteriormente de 30 m (SRTM30). Desde então sucederam-se outros levantamentos de dados a nível global com disponibilização aberta, como também ocorreram vários reprocessamentos de alguns desses conjuntos de dados. Nesse caso, o foco principal foi tratar ruídos e reduzir efeitos de cobertura vegetal e/ou edificações. Esses artefatos são, via de regra, presentes nas elevações representadas nos MDEs globais, que mais se assemelham a Modelos Digitais de Superfície (MDS). Os tratamentos buscaram eliminar ruídos e tornar um MDE global o mais próximo possível de um Modelo Digital de Terreno (MDT), representando a superfície do chão propriamente sem os artefatos.

Em paralelo, houve uma disseminação do uso de softwares de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica, com maior amigabilidade das interfaces gráficas e maior disponibilização de materiais instrucionais. A maior oferta de dados de MDEs e a maior facilidade de ferramentas de processamento juntou-se à relevância da topografia como fator chave ao estudo ambiental, resultando no aumento e diversificação de perfis profissionais que fazem esse tipo de processamento. Porém, diante de tantos conjuntos de dados disponíveis, muitos usuários tem dificuldade de compreender as diferenças entre esses MDEs e fazer as escolhas mais adequadas conforme a área de estudo e propósito do trabalho.

Para ilustrar a quantidade crescente de produtos, desde 2020 pelo menos cinco MDEs globais foram lançados, três deles em 2025: NASADEM (NASA Digital Elevation Model; Buckley et al., 2020), COPDEM (Copernicus Digital Elevation Model; Fahrland et al., 2022), FABDEM (Forests and Building removed Copernicus DEM; Hawker et al., 2022), IC2-GDEM (ICESat-2 Global Digital Elevation Model; Li et al., 2025), FathomDEM (Fathom Digital Elevation Model; Uhe et al., 2025) e GEDTM30 (Global Ensemble Digital Terrain Model; Ho et al., 2025), além de um MDE específico para a América do Sul (ANADEM - Agência Nacional de Águas e Saneamento Ambiental Digital Elevation Model; Laipelt et al., 2024).

Um exemplo de dificuldade de compreensão pelo usuário é o MDE comumente associado ao sensor PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar), instrumento a bordo do satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite). Para fins de correção radiométrica do terreno nos dados do PALSAR, foi gerado um MDE de 12,5 metros de resolução espacial a partir dos dados de 30 m do SRTM e alguns MDEs regionais. Esse MDE do ALOS-PALSAR não deve ser usado para outra finalidade diferente daquela para o qual foi criado (ASF, 2023), embora existam estudos na literatura tratando esse produto como mais uma opção de MDE global e ainda ressaltando o maior refinamento espacial.

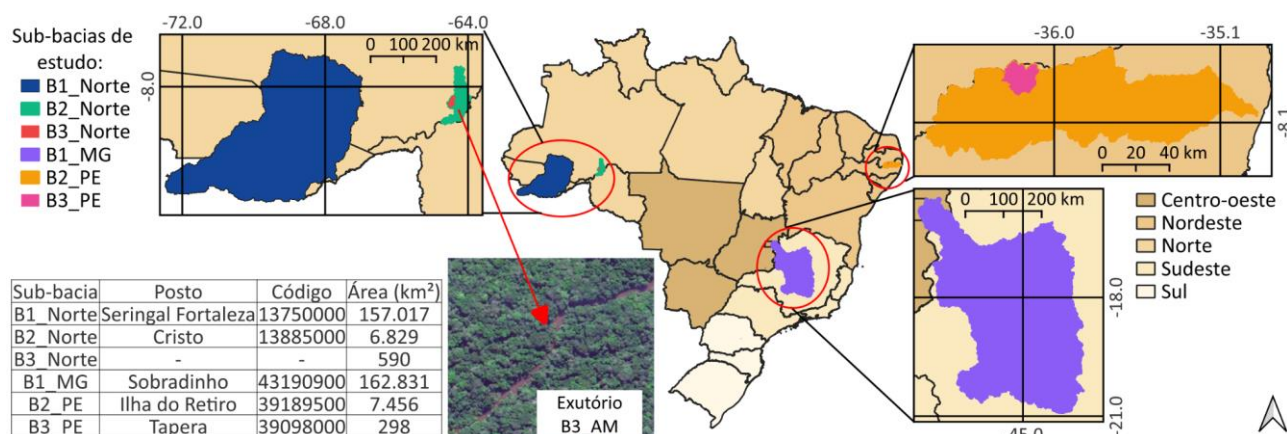
Este trabalho traz uma evolução histórica dos MDEs globais disponibilizados e faz uma análise comparativa de nove produtos, mesclando dois antigos (ETOPO5 e GTOPO30, marcos representativos das resoluções de 10 e 1 km), os precursores SRTM90 e SRTM30, e os produtos mais recentes e considerados na literatura como de melhor qualidade em termos da representação da superfície do terreno: COPDEM, FABDEM, FathomDEM e GEDTM30, além do produto ANADEM. Procura-se avaliar como o refinamento da resolução espacial e a busca por um MDT global repercutem em produtos usuais na hidrologia, como delimitação de bacias, comprimentos dos rios principais e perfis topográficos transversais. Como estudo de caso, são tomadas seis bacias hidrográficas de diferentes escalas (área de drenagem variando de 300 a 162.000 km<sup>2</sup>) e características contrastantes.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

Três das bacias selecionadas localizam-se na região Norte, no bioma Amazônia, de densa vegetação e baixa densidade urbana: bacia B1\_Norte (área de contribuição do posto fluviométrico Seringal Fortaleza, código 13750000; 157 mil km<sup>2</sup>); bacia B2\_Norte (contribuinte à estação Cristo, código 13885000; 6.829 km<sup>2</sup>); bacia B3\_Norte (590 km<sup>2</sup>), um afluente da B2\_Norte, sem correspondência a posto fluviométrico. As outras três bacias se localizam em Minas Gerais e Pernambuco, regiões que contrastam com a Amazônia por apresentarem maior grau de antropização, relevo mais dissecado e menor cobertura vegetal. A bacia B1\_MG (162.831 km<sup>2</sup>) situa-se na bacia do rio São Francisco, no bioma Cerrado, e corresponde à bacia do posto Sobradinho (código 43190900). As duas bacias em Pernambuco são a B2\_PE (área contribuinte ao posto Ilha do Retiro, código 39189500; 7.456 km<sup>2</sup>), que ocupa parte no Caatinga e parte na Mata Atlântica e abrange parte da região metropolitana de Recife, e a B3\_PE (298 km<sup>2</sup>), que contribui para o posto Tapera (código 39098000) e situa-se na Caatinga.

Figura 1 - Localização das bacias de estudo, código dos postos e áreas de drenagem.

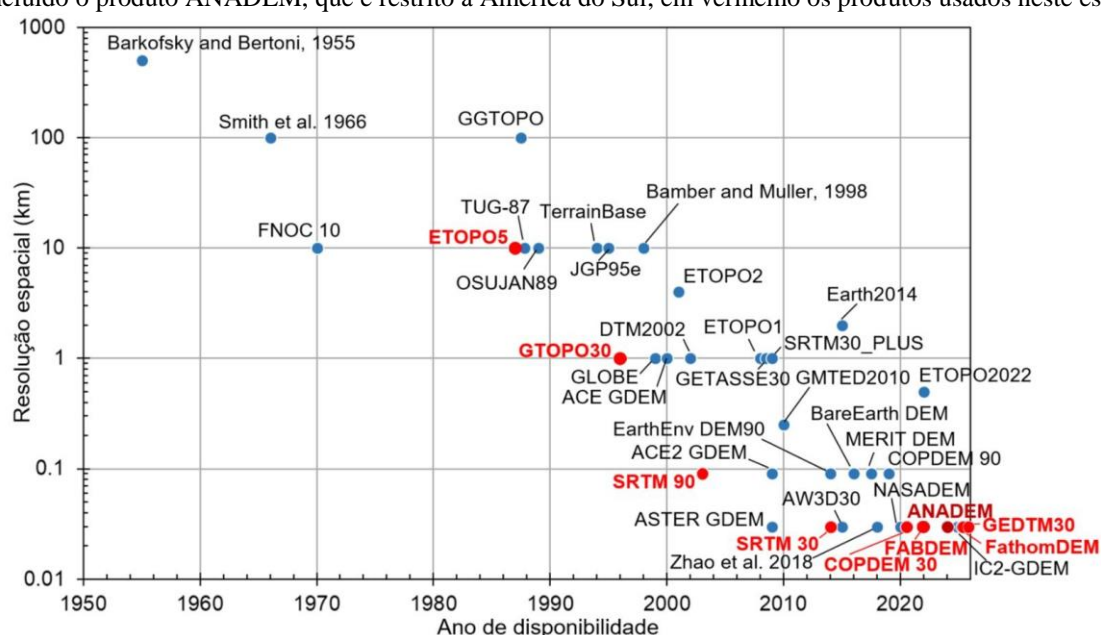


### Modelos Digitais de Elevação

A evolução histórica da disponibilização de MDEs globais é sintetizada em Paz (2024), onde é mostrado que bases de dados topográficos organizados em grades de pontos foram publicadas desde os anos 1950/60. Mas foi nas décadas de 1970 a 1990 que surgiram os primeiros MDEs propriamente ditos, com resoluções de 10 km inicialmente e depois de 1 km (Figura 2). A partir dos anos 2000, vieram os dados do SRTM com 90m e 30 m e diversos produtos também nessas resoluções. A resolução espacial de 30 m é a mais refinada existente para um MDE global disponibilizado

gratuitamente. Neste estudo, foram avaliados nove MDEs, escolhidos em função da relevância histórica, aplicação prática, respaldo na literatura científica e diferentes resoluções espaciais, técnicas e tecnologias: ETOPO5, GTOPO30, SRTM90, SRTM30, COPDEM, FABDEM, FathomDEM, GEDTM30 e ANADEM. Os dois primeiros foram escolhidos por representarem a era da resolução espacial da ordem de quilômetros. O ETOPO5 (resolução de 10 km) foi produzido em 1988 com base na integração de diversas fontes de dados, incluindo cartas náuticas, mapas de navegação aérea, levantamentos topográficos regionais e outras bases disponíveis à época. O GTOPO30 (1 km) foi elaborado em 1996 baseado em diversas fontes de dados, mas principalmente no MDE denominado DTED (Digital Terrain Elevation Data), de uso restrito dos EUA.

Figura 2 - Evolução no tempo da resolução espacial dos MDEs globais segundo o ano de disponibilização dos dados (foi incluído o produto ANADEM, que é restrito à América do Sul; em vermelho os produtos usados neste estudo).



O SRTM marca uma mudança significativa na qualidade e disponibilidade de dados altimétricos a nível global, sendo até hoje o modelo mais famoso e mais amplamente utilizado em todo o mundo (Farr et al., 2007). O COPDEM (30 m) foi disponibilizado em 2020 e representa um avanço significativo na aquisição de dados altimétricos globais, resultado da missão do satélite TanDEM-X, que configurou um marco de inovação científica no uso da técnica de interferometria por radar (Krieger et al., 2013).

Em 2022, o FABDEM (30 m) foi proposto como melhoria do COPDEM, via remoção do efeito da vegetação e edificações, utilizando técnicas baseadas em aprendizado de máquina (Hawker et al., 2022). Estudo de Bielski (2023) aponta o COPDEM e o FABDEM como de superior qualidade aos predecessores. Em 2025, o FathomDEM (30 m) foi elaborado também como um melhoramento do COPDEM via remoção da influência da vegetação e edificações, a partir de redes neurais convolucionais e do tipo vision transformer, inclusive mostrando-se de qualidade superior ao FABDEM segundo os desenvolvedores (Uhe et al., 2025). Também em 2025, o produto GEDTM30 (30 m) foi lançado a partir de uma abordagem de fusão de dados do COPDEM, AW3D30 (ALOS World 3D 30 m) e bases de dados LiDAR globais e, segundo os desenvolvedores (Ho et al., 2025), com superior qualidade ao COPDEM, FABDEM e ao FathomDEM.

O ANADEM (30 m) não é global, restringe-se à América do Sul, mas foi incluído neste estudo dada sua qualidade promissora frente à proposta de melhoria do COPDEM, também quanto à remoção de ruídos da vegetação, a partir de técnicas de aprendizado de máquina, dados de elevação da missão



GEDI (Global Ecosystem Dynamics Investigation) e produtos de sensoriamento remoto multiespectral (Laipelt et al., 2024). Foi ainda incluído no estudo dados do MDT (1 m) do projeto Pernambuco Tridimensional (Cirilo et al., 2014), que serve de baliza para análise dos demais. Esse MDT foi gerado a partir de levantamento do tipo LiDAR (Light Detection and Ranging), utilizando pulsos de laser emitidos por sensores aerotransportados para gerar nuvens de pontos tridimensionais do terreno, permitindo diferenciar vegetação, edificações e solo.

### **Processamento dos MDEs**

Cada um dos MDEs foi recortado para as respectivas áreas de estudo, considerando um retângulo de trabalho com margem adicional suficiente para garantir uma análise adequada do entorno das bacias. O algoritmo proposto por Lindsay (2016) e disponível no software WhiteBox foi utilizado para tratamento e remoção de depressões dos MDEs. Esse procedimento é realizado para garantir uma rede de drenagem contínua, em que a água escoar sem encontrar impedimentos no caminho do fluxo. Com base nos MDEs tratados, foram calculadas as direções de fluxo via algoritmo D8 (Deterministic Eight-Neighbors; O'Callaghan e Mark, 1984), que assume que a água escoar sempre para o pixel vizinho com a maior declividade descendente. As direções de fluxo geram as áreas acumuladas de drenagem para definição dos exutórios e delimitação das bacias hidrográficas, com a correspondente quantificação das áreas de drenagem.

Foram definidos limiares mínimos de área de contribuição compatíveis com a escala de cada bacia para obter as redes de drenagem: 2.600 km<sup>2</sup> para as maiores (B1\_Norte e B1\_MG), 42,5 km<sup>2</sup> para as bacias intermediárias (B2\_Norte e B2\_PE) e 35 km<sup>2</sup> para as menores (B3\_Norte e B3\_PE). A escolha desses valores foi feita com base na coerência visual entre a rede gerada e os cursos d'água principais observados nas imagens de satélite e, como foram mantidos iguais para todos os MDEs, tem-se interferência desprezível sobre a comparação de resultados. O rio principal foi identificado em cada bacia e quantificada a extensão até o exutório.

### **Formas de avaliação**

Para a avaliação comparativa entre os MDEs, uma análise foi baseada nas grandezas tamanho da bacia de drenagem e comprimento do rio principal, que representam características hidrológicas básicas para inúmeros estudos hidrológicos. As delimitações das bacias e os traçados dos rios principais também foram superpostos para análise visual de concordância. Foi ainda realizada a visualização dos padrões espaciais apresentados nos MDEs e a análise de perfis topográficos transversais de trechos abrangendo tanto áreas vegetadas quanto zonas urbanas.

## **RESULTADOS**

### **Análise da delimitação das bacias e comprimento dos rios principais**

Para as bacias de maior porte, a B1\_Norte e B1\_MG, a área da bacia só variou significativamente pela resolução espacial mais grosseira do GTOPO30 e ETOPO5, ficando grandezas de diferença desprezível nos demais MDEs (Figuras 3-a e 4-a). O uso desses MDEs de resolução espacial de quilômetros impacta as áreas de todas as bacias estudadas relativamente aos demais MDEs. Diferenças muito reduzidas na área da bacia derivada dos MDEs de 90 m e 30 m também foram constatadas para as bacias de médio e pequeno porte fora da Amazônia. Porém, as bacias média e pequena nesse bioma tiveram áreas com grande variação em função do MDE de 30 m escolhido. Um dos fatores para isso ocorrer é justamente as diferentes formas que os MDEs se propõem a remover o efeito da vegetação, resultando em rasters de elevação distintos e, conseqüentemente, delimitações de bacias hidrográficas diferentes. MDEs que mantêm elementos da

superfície, como copas de árvores, tendem a superestimar as altitudes e alterar o traçado do divisor de águas.

Os resultados do comprimento dos rios principais apresentam padrão similar (Figuras 3-b e 4-b): i) os MDEs grosseiros ETOPO5 e GTOPO30 resultam em variações consideráveis de comprimento em relação aos demais, para todas as bacias; ii) nas bacias na Amazônia, apenas na de maior porte os comprimentos tem pouca variação entre os MDEs de 30 m, com variações proeminentes nas demais bacias; iii) nas bacias fora da Amazônia, variações reduzidas nas bacias de médio e pequeno porte, e um pouco maior na bacia de maior porte.

Figura 3 – Áreas das bacias e comprimentos dos rios principais obtidos a partir dos diferentes MDEs nas áreas de estudo da região Norte.

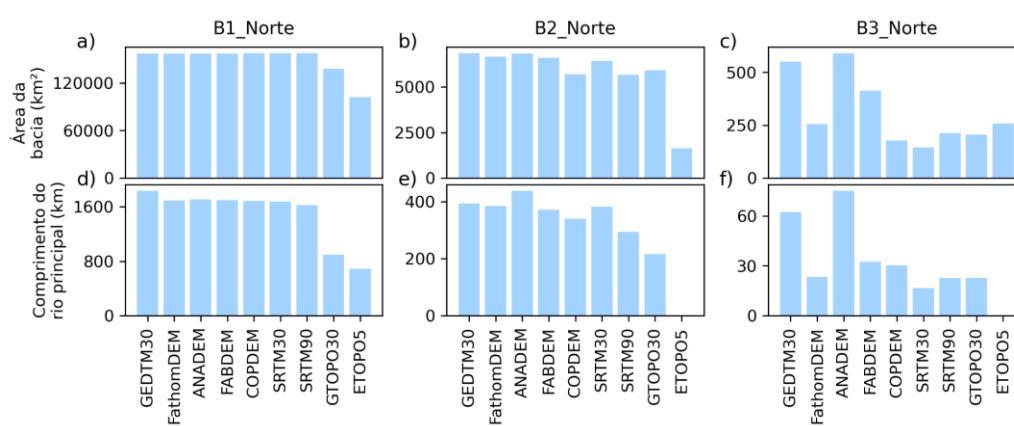
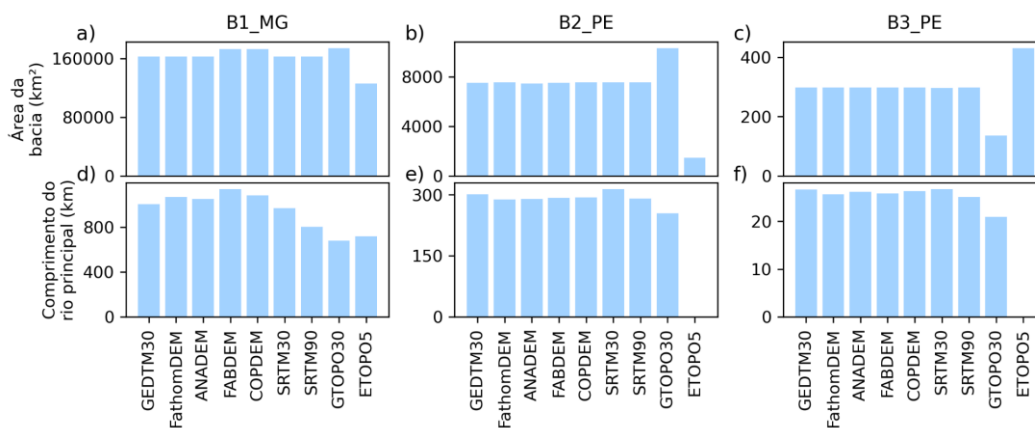
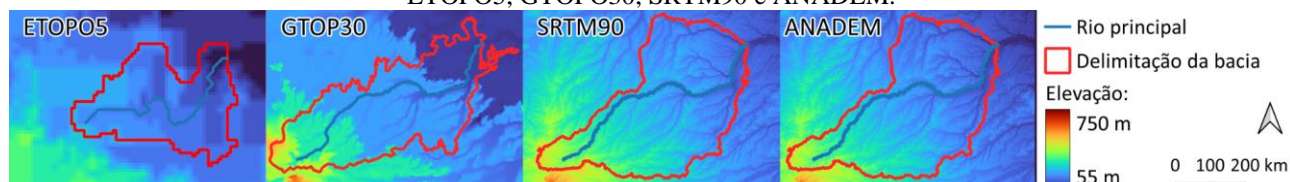


Figura 4 – Áreas das bacias e comprimentos dos rios principais obtidos a partir dos diferentes MDEs nas áreas de estudo das bacias de Pernambuco e Minas Gerais.



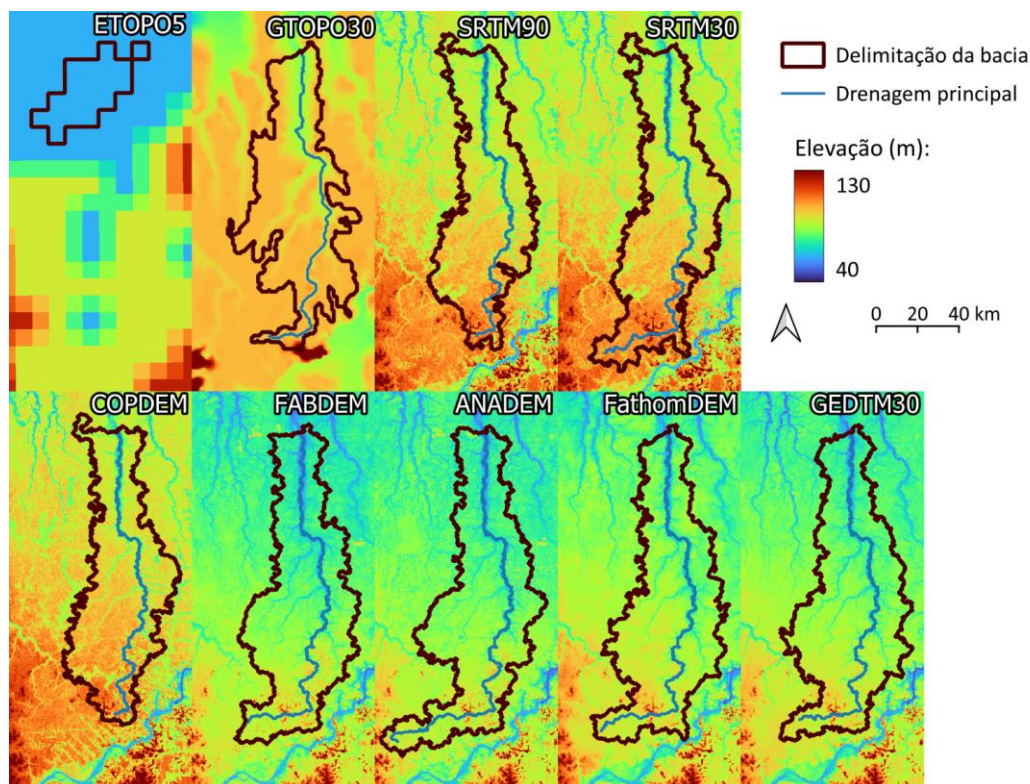
A Figura 5 apresenta as delimitações da B1\_Norte obtidas a partir de quatro MDEs: ETOPO5, GTOPO30, SRTM90 e ANADEM. Observa-se que os modelos de resolução espacial mais grosseira, como o ETOPO5 e o GTOPO30 resultaram em delineamentos que fogem aos demais: o ETOPO5 gerou uma bacia com contornos visivelmente pixelados, enquanto o GTOPO30 apresentou uma morfologia mais alongada, destoando da forma esperada da drenagem. Em contrapartida, os MDEs com resolução mais refinada produziram delimitações da bacia e traçados do rio semelhantes entre si. Os demais MDEs avaliados neste estudo, todos com resolução de 30 m, também não apresentaram variações significativas em relação à delimitação dessa bacia. Isso se deve, em grande parte, à extensa área da bacia (157 mil km²), onde diferenças locais de elevação exercem impacto relativamente pequeno sobre os divisores de água, tornando as discrepâncias entre os modelos praticamente insignificantes para fins de delimitação hidrológica.

Figura 5 - Delimitação da bacia de maior porte da região Norte (B1\_Norte) e padrões de elevação para os MDEs ETOPO5, GTOPO30, SRTM90 e ANADEM.



A Figura 6 apresenta as delimitações da bacia B2\_Norte a partir dos nove MDEs analisados. Como já observado na B1\_Norte, os modelos de resolução mais grosseira (ETOPO5 e GTOPO30) geraram delineamentos simplificados, com perda de detalhamento nos divisores de água. Entre os MDEs de resolução mais refinada, há diferenças perceptíveis entre as delimitações dos modelos que propõem a remoção da vegetação, como o FABDEM, ANADEM, FathomDEM e GEDTM30, e os que não removem. Além disso, os MDEs que não aplicam correções para vegetação tendem a apresentar elevações maiores, especialmente em áreas com cobertura florestal densa. Essa diferença é perceptível na representação cromática da Figura 6: os modelos localizados na parte superior da imagem, como o SRTM30 e o COPDEM, que não removem vegetação, apresentam coloração associada a maiores elevações (predomínio de tons laranja). Em contraste, os modelos posicionados na parte inferior da imagem, que aplicam correções para remover vegetação, exibem tonalidades que indicam altitudes mais baixas (tons verdes e azuis). Essa distinção é particularmente evidente na região sudoeste da bacia, onde ANADEM e FABDEM se destacam por apresentar as menores altitudes relativas.

Figura 6 - Delimitação da bacia de médio porte da região Norte (B2\_Norte) e padrões de elevação dos MDEs.

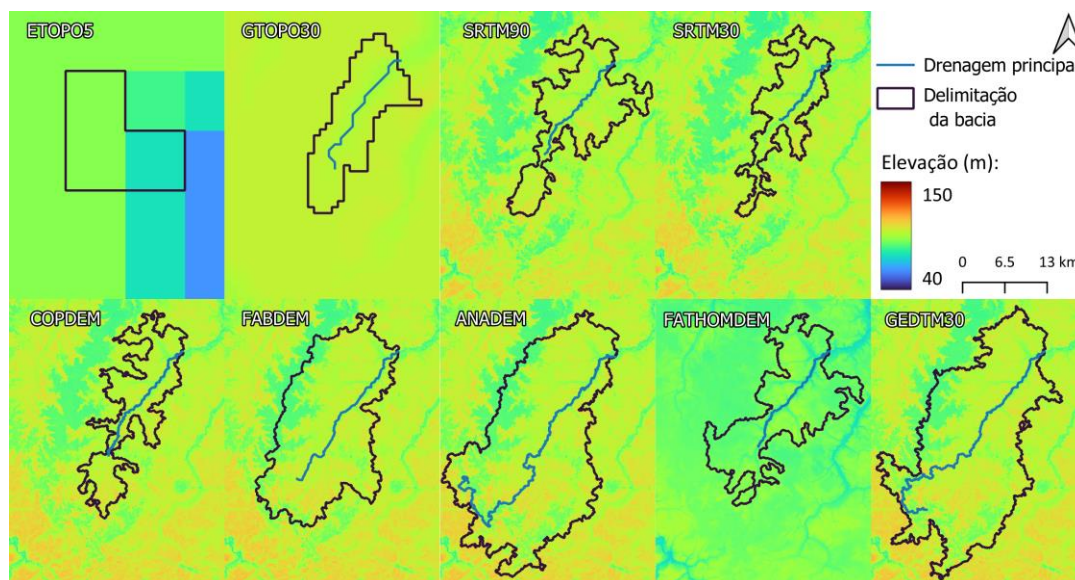


Na bacia B3\_Norte (Figura 7), os padrões de elevação observados na bacia B2\_Norte se repetem de forma geral. Os MDEs SRTM90, SRTM30 e COPDEM com elevações visivelmente superiores aos que propuseram remoção da vegetação (FABDEM, ANADEM, FathomDEM e



GEDTM30). No entanto, o FathomDEM apresentou limitações na representação do relevo, resultando em uma delimitação que se assemelha àquela obtida com o SRTM90, sugerindo possível perda de detalhe na identificação dos divisores de água.

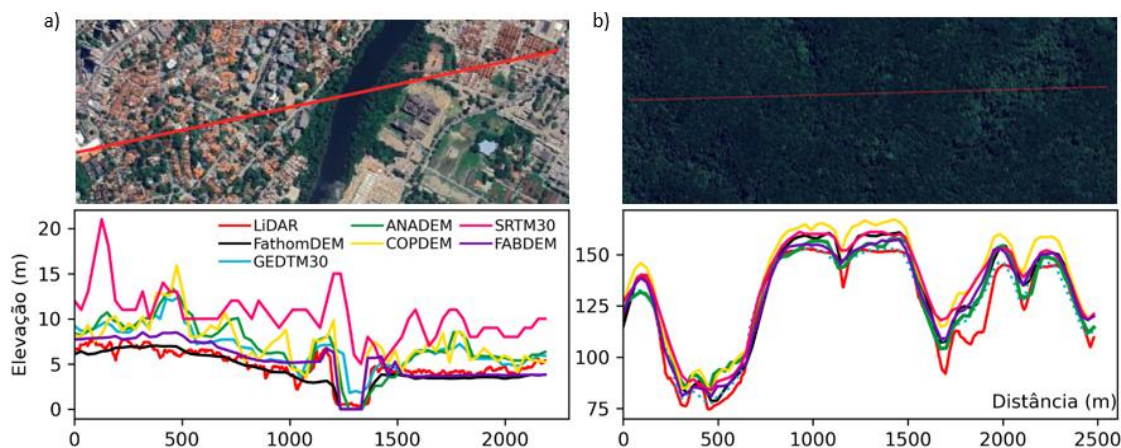
Figura 7 - Delimitação da bacia de pequeno porte da região Norte (B3\_Norte) e padrões de elevação dos MDEs.



### Análise dos perfis topográficos transversais

Um dos perfis topográficos transversais analisado foi traçado em uma área de densa ocupação urbana em Recife, na bacia B2\_PE, e evidencia a dificuldade dos MDEs globais de representarem o terreno sem o efeito das edificações (Figura 8-a). O SRTM30 é o que apresenta elevações sistematicamente superiores aos demais, dada a grande influência das edificações sobre esse produto, além de outras questões associadas à precisão desses dados. Em seguida, o maior distanciamento do que seria o terreno propriamente vem para os perfis correspondentes ao COPDEM, como esperado, e ao ANADEM e GEDTM30, por serem produtos focados na melhoria do efeito da vegetação, mas não de edificações. Destacam-se positivamente o FathomDEM e o FABDEM, com elevações bem inferiores aos anteriores e que mais se aproximam do perfil topográfico derivado do MDT LiDAR de 1 m de resolução espacial, principalmente o FathomDEM. A resolução mais refinada de 1 m em relação aos produtos de 30 m contribui para que o perfil do LiDAR apresente variações referentes à topografia local, enquanto os perfis do FathomDEM e FABDEM são bem mais suavizados.

Figura 8 - Perfis topográficos transversais em (a) área urbana (Recife) e (b) área de Mata Atlântica na bacia B2\_PE.

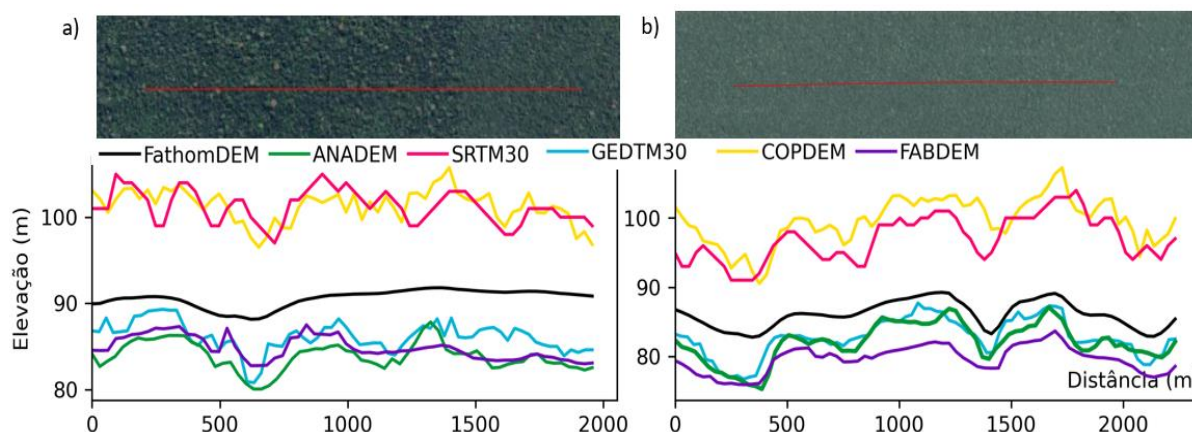




No perfil traçado sobre área de Mata Atlântica (Figura 8-b), novamente as elevações do SRTM30 e COPDEM apresentam-se superiores, indicando maior efeito da cobertura vegetal. Tomando as elevações do LiDAR como referência, em alguns trechos os produtos mais recentes FathomDEM e GEDTM30 são os que mais se aproximam do terreno, como por volta da distância 500 m. Em outros trechos, como entre 2000 e 2500 m, o ANADEM e o GEDTM30 melhor reproduzem o terreno. Por volta da distância 1000 m, os destaques são GEDTM30 e FABDEM. Em outras partes, como antes da distância 2000 m, todos os MDEs se distanciam do terreno representado pelo LiDAR.

Os perfis traçados em áreas da Amazônia, na bacia B2\_Norte, novamente evidenciam o grande efeito da vegetação sobre as elevações do SRTM30 e COPDEM. Todos os demais MDEs de 30 m analisados, que são justamente propostos como produtos que removem ou atenuam esse efeito, estão com elevações inferiores (por mais de 10 m) aos dois primeiros. Não se tem, nesses casos, as elevações do terreno como referências, mas, entende-se que os produtos que apresentam valores inferiores tendem a terem se aproximado mais do terreno. No perfil da Figura 9-a, o ANADEM se destaca por estar por baixo dos demais, enquanto o FathomDEM está deslocado para cima em relação a esse MDE e ao FABDEM e GEDTM30. No perfil da Figura 9-b, o mesmo comportamento se repete, exceto que o FABDEM apresenta elevações inferiores a todos os outros MDES em quase todo o perfil de elevação, indicando uma maior redução na remoção da vegetação.

Figura 9 - Perfis topográficos transversais em áreas de vegetação densa da Amazônia na bacia B2\_Norte.



## CONCLUSÕES

Este trabalho demonstrou como MDEs obtidos desde a missão SRTM configuram uma enorme evolução na representação topográfica para desenvolver estudos hidrológicos em diferentes escalas de bacia, relativamente aos produtos mais antigos, com resolução espacial de quilômetros (ETOPO5 e GTOPO30). Por outro lado, dentre os MDEs com resolução de 30 m, observou-se que os produtos mais recentes, como FABDEM, FathomDEM, GEDTM30 e ANADEM, oferecem avanços relevantes ao corrigirem parte dos artefatos associados à vegetação e edificações, o que se refletiu diretamente na qualidade da caracterização de bacias e rios principais, sobretudo em regiões com cobertura florestal densa ou ocupação urbana intensa. Entre os modelos avaliados, o FABDEM e o FathomDEM destacaram-se na representação do terreno em áreas urbanas, apresentando perfis topográficos mais próximos ao MDT de referência gerado por LiDAR. Em áreas florestadas da Amazônia, o ANADEM e o FABDEM demonstraram bons desempenhos na atenuação do efeito da vegetação, sendo promissores como referência regional.

Pelas variações obtidas na área da bacia e no comprimento do rio principal, pode-se concluir que a escolha do MDE pode repercutir substancialmente na resposta hidrológica simulada. Isso reforça a necessidade de escolha criteriosa e aprofundamento desse tipo de estudo para outras áreas e sob formas complementares de análise e baseadas em evidência quanto ao MDE adotado em estudos ambientais e de recursos hídricos. Conclui-se que, embora avanços importantes tenham sido alcançados, ainda não há um MDE global que possa efetivamente ser considerado um MDT.

## REFERÊNCIAS

- BIELSKI, C. et al. (2023). “*DEMIX Wine Contest Method Ranks ALOS AW3D30, COPDEM, and FABDEM as Top 1*” Global DEMs.
- BUCKLEY, S. et al. (2020). “*NASADEM user guide*”. National Aeronautics and Space Administration, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena (EUA).
- CIRILO, J.A. et al. (2014) “Suporte de Informações Georreferenciadas de Alta Resolução para Implantação de Infraestrutura e Planejamento Territorial”. Rev. Brasileira de Geografia Física 7 (4).
- FAHRLAND, E. et al. (2022). “*Copernicus DEM Copernicus Digital Elevation Models (DEMs)*.” 129-143.
- FARR, T.G. et al. (2007). “*The Shuttle Radar Topography Mission*”. Review of Geophysics, 45. pp. 1-20.
- HAWKER, L. et al. (2022). “*A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed.*” Environmental Research Letters, 17(2),
- HO, Y.F. et al. (2025). “*Global Ensemble Digital Terrain modeling and parametrization at 30 m resolution (GEDTM30): a data fusion approach based on ICESat-2, GEDI and multisource data*”. Avaliado por Research Square. pp. 1-51.
- LINDSAY, J.B. (2016). “*Efficient hybrid breaching-filling sink removal methods for flow path enforcement in digital elevation models*”. Hydrological Processes, 30, 6, pp. 846–857.
- O’CALLAGHAN, J.F.; MARK, D.M. (1984). “*The extraction of ordered vector drainage networks from elevation data*”. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 28-3, pp. 323–344.
- UHE, P. et al. (2025). “*Fathomdem: an improved global terrain map using a hybrid vision transformer model*”. Environmental Research Letters.
- KRIEGER, G. et al. (2013). “*TanDEM-X: A radar interferometer with two formation -flying satellites. Acta Astronautica*”. 89, 83-98.
- LAIPELT, L. et al. (2024). “*Anadem: A digital terrain model for South America*”. Remote Sensing, 16, 2321. PP. 1-17.
- PAZ, A.R. (2024). “*Modelos digitais de elevação para estudos ambientais*”. ABRHidro. Porto Alegre-RS, pp-1-422.
- Li, B., Xie, H., Liu, S., Ye, Z., Hong, Z., Weng, Q., Sun, Y., Xu, Q., Tong, X., 2025. “*Global digital elevation model (GDEM) product generation by correcting ASTER GDEM elevation with ICESat-2 altimeter data*”. Earth System Science Data, 17, 205–220.
- Alaska Satellite Facility. *PALSAR RTC DEM Information*. Fairbanks, AK: ASF, 2023. <https://asf.alaska.edu/>.