

## Anais do XX SBSR

# XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO XX Brazilian Symposium on Remote Sensing

2 a 5 de abril de 2023  
Florianópolis, SC

Editores

Douglas Francisco Marcolino Gherardi  
Ieda Del'Arco Sanches  
Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**São José dos Campos  
2023**

## AVALIAÇÃO DO EFEITO DE DIFERENTES MDEs NA DELIMITAÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA EM REGIÃO PLANA AMAZÔNICA

Larissa de Castro Ribeiro <sup>1</sup>, Anderson Ruhoff <sup>2</sup>, Rodrigo Cauduro Dias de Paiva <sup>3</sup>, Leonardo Rodolfo Paul <sup>4</sup> e Arthur Kolling Neto

<sup>1</sup> IPH/UFRGS, larissa.ribeirocr@gmail.com; <sup>2</sup> IPH/UFRGS, anderson.ruhoff@ufrgs.br; <sup>3</sup> IPH/UFRGS, rodrigo.paiva@ufrgs.br; <sup>4</sup> IPH/UFRGS, leonardorpaul@gmail.com; <sup>4</sup> IPH/UFRGS, arthur.kolling@hotmail.com

### RESUMO

Gerar mapas hidrográficos a partir de MDEs (Modelos Digitais de Elevação) em regiões planas é um desafio devido às depressões, sejam reais ou artificiais, e por conta da existência de planícies de inundações que se formam sazonalmente. O delineamento da hidrografia depende da representação do terreno, a qual pode variar entre MDEs diferentes. Neste contexto, foram delimitadas bacias e redes hidrográficas a partir de MDEs de alta resolução - NASADEM, Alos, Merit DEM, CopDEM e FABDEM - comparando-os geomorfometricamente com as bacias e redes de drenagem oficiais da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. As similaridades foram verificadas com base no Índice Crítico de Sucesso, distância entre os vetores dos rios principais e densidade de drenagem, na região plana do rio Murupu, localizado no estado de Roraima, região de savana Amazônica. O MDE COPDEM obteve os melhores resultados nas análises realizadas, enquanto o MDE ALOS obteve menor desempenho.

**Palavras-chave** — mapas hidrográficos, delimitação de bacias, MDEs.

### ABSTRACT

*The presence of real and artificial sinks, added to the seasonality of some floodplains, makes the process of obtaining hydrographic maps from DEMs of flat regions challenging. The delineation of basins depends on the representation of the terrain, which can vary between different datasets. In this regard, this study analyzes basins and hydrographic networks derived from high-resolution DEMs of different sources: NASADEM, Alos, Merit DEM, CopDEM, and FABDEM. The results are compared geomorphometrically with basins and drainage network of the BHO ANA base, using the Critical Success Index (CSI), distance between the main river vectors and drainage density. The study is a flat region of the Murupu, located in the state of Roraima, in the Amazon savanna. In general, the COPDEM obtained the best results in the analyses performed, and the DEM ALOS obtained the worst results.*

**Key words** — hydrographic maps, basin delineation, DEMs.

### 1. INTRODUÇÃO

Os rios prestam importantes serviços ambientais relacionados à preservação e sustentação dos ecossistemas aquáticos. Possuem um papel importante no ciclo hidrológico de bacias hidrográficas [1],[2] e sustentam atividades humanas socioeconômicas como o abastecimento de água de cidades, navegação, suprimento para a indústria, agricultura e geração de energia elétrica.

A região Amazônica é conhecida mundialmente por suas vastas florestas e seus grandes rios. Além das formações florestais, são encontradas no bioma Amazônico tipologias de savana [3]. A paisagem da porção nordeste do estado de Roraima é um sistema hidrogeomorfológico, formado através de processos agradacionais e denudacionais, que gerou extensas planícies e sistemas recuantes erosivos [4], apresentando uma superfície aplanada, vegetada por savanas, onde se desenvolvem inúmeros lagos, brejos e veredas [5].

Mapas de hidrografia de alta resolução são uma fonte de dados fundamental para muitas aplicações de geociências e hidrologia. A precisão de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) ao gerar mapas hidrográficos é vital para muitas aplicações e para reduzir incertezas, pois a partir disso são gerados mapas de direções de fluxo de superfície, áreas de acumulação de fluxo com redes fluviais representadas por pixels [6],[7]. Além disso, a largura dos canais dos rios pode ser determinada examinando as direções de fluxo da superfície geradas [8].

Gerar mapas hidrográficos em regiões planas a partir de MDEs se torna um desafio, sendo difícil de se obter grande acurácia [7], por causa de depressões do MDE reais e artificiais [9] e das planícies de inundações que se formam, que podem ser sazonais. Esta dificuldade se agrava especialmente em rios estreitos.

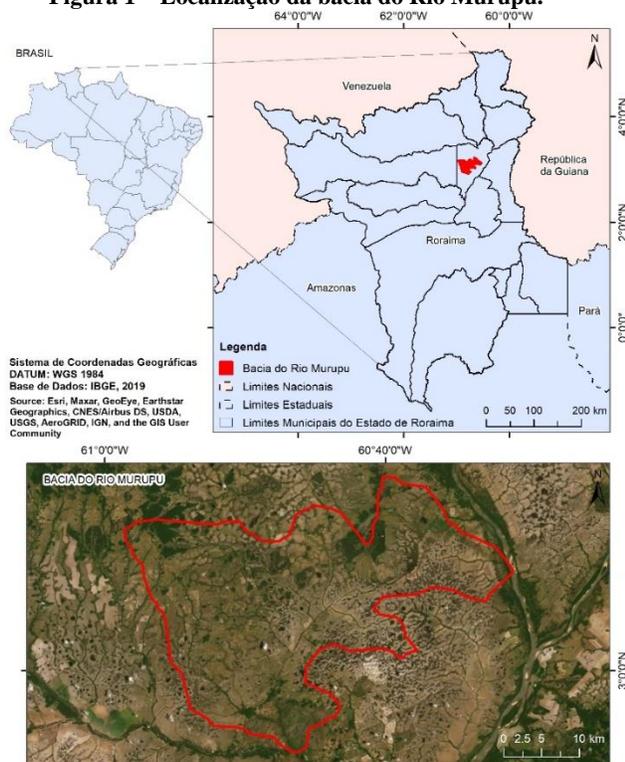
Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar bacias e redes hidrográficas geradas a partir dos MDEs de alta resolução NASADEM, ALOS, MERIT DEM, COPDEM e FABDEM, em região plana da savana amazônica, na bacia do Rio Murupu (Roraima), através de comparação geomorfológica utilizando Índice Crítico de Sucesso (CSI), distância entre os vetores dos rios principais e densidade de drenagem, entre as bacias redes hidrográficas geradas e a da Base Hidrográfica Ottocodificada da Agência Nacional de Águas e Saneamento Ambiental (BHO ANA).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A bacia do Rio Murupu está localizada no estado de Roraima (Figura 1), em região plana de savana amazônica e possui 898,4 km<sup>2</sup> de extensão. A elevação da região varia de 52 m a 461 m. A região possui um sistema de extensos lagos e rios.

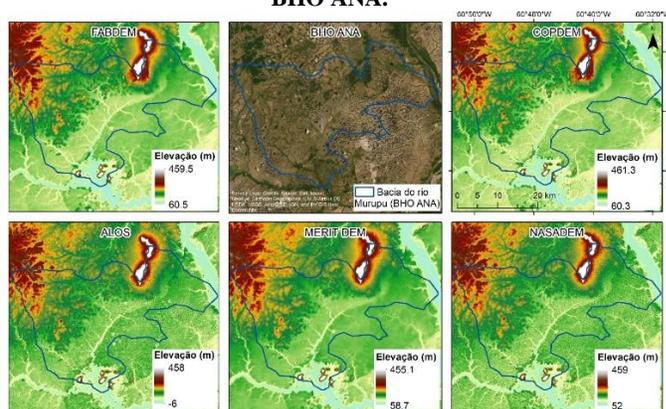
Figura 1 – Localização da bacia do Rio Murupu.



### 2.2. Obtenção dos dados

Para a aplicação da metodologia foram utilizados os dados da bacia e hidrografia BHO ANA do rio Murupu e os MDEs de alta resolução MERIT DEM [10], NASADEM [11], Alos [12], Copernicus DEM e FABDEM [13]. A figura 2 ilustra os dados iniciais. Os MDEs foram extraídos para a região da bacia de estudo utilizando o Google Earth Engine através da rotina disponibilizada no URL: <https://code.earthengine.google.com/0b42fa077cb36aeb0e7778ed7f32c6bd>. Nos tópicos seguintes os dados iniciais serão detalhados.

Figura 2 – MDEs utilizados e a bacia do rio Murupu obtido da BHO ANA.



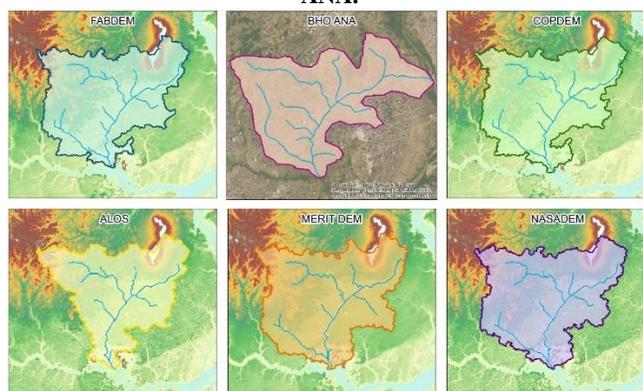
### 2.3. Métodos de comparação entre as bacias e as redes de drenagem

A comparação entre as redes de drenagem geradas a partir dos MDEs foi realizada utilizando as metodologias: a) formato da bacia usando Índice Crítico de Sucesso (CSI), b) densidade de drenagem e c) distância entre os vetores dos rios principais. As metodologias a) e c) foram utilizados pelos autores que desenvolveram o MERIT Hydro [7], algoritmo semi-automático de extração de redes hidrográficas do MERITDEM, que separa bacias interiores reais de depressões fictícias causadas por erros de elevação nos dados de entrada.

## 3. RESULTADOS

Foram obtidas as bacias e hidrografias, ilustradas na Figura 3, onde tem-se a diferença de formato entre as bacias e hidrografias, com destaque para a bacia obtida através do MDE ALOS, que tem o formato mais distinto. Alguns trechos de rios da bacia BHO ANA possui um comprimento maior do que o obtido pela hidrografia gerada pelos MDEs.

Figura 3 – Bacias e hidrografias geradas pelos MDEs e BHO ANA.



Na Tabela 1 estão os resultados dos cálculos dos métodos de comparação entre as bacias e hidrografias geradas e as da BHO ANA da densidade de drenagem, CSI e a distância

média entre os vetores dos rios principais. Também foram calculadas algumas características das bacias como a área e comprimento do rio principal.

MDE	Resolução do pixel	Área bacia (km <sup>2</sup> )	Comprimento do rio principal (km)	Soma dos comprimentos dos rios (km)
COPDEM	30x30 m	774,0	45,3	132,0
FABDEM	30x30 m	762,6	42,4	128,0
NASADEM	30x30 m	771,5	41,1	116,7
ALOS	30x30 m	653,0	40,7	101,3
MERIT DEM	90x90 m	817,2	43,3	127,9
BHO ANA	-	898,4	45,6	168,8

MDE	Densidade de drenagem	Área interseção BHO (km <sup>2</sup> )	Área união BHO (km <sup>2</sup> )	CSI	Distância média entre os rios principais (m)
COPDEM	0,17	706,0	966,4	0,73	126,40
FABDEM	0,17	698,2	962,8	0,73	140,60
NASADEM	0,15	701,9	968,0	0,73	180,20
ALOS	0,16	587,8	963,6	0,61	247,60
MERIT DEM	0,16	728,5	987,1	0,74	238,10
BHO ANA	0,19	-	-	-	-

Tabela 1 – Características das bacias analisadas.

#### 4. DISCUSSÃO

Nos resultados de densidade de drenagem, a bacia da BHO ANA obteve o valor de 0,19, enquanto as bacias obtidas dos MDEs obtiveram valores entre 0,15 e 0,17. Os MDEs COPDEM e FABDEM obtiveram valores mais próximos da bacia BHO ANA, com valores de 0,17. O MDE NASADEM obteve o valor mais baixo, com 0,15.

Para o CSI foram obtidos resultados com valores de 0.61 a 0.74. O MDE com valor mais baixo, ou seja, o pior resultado foi do ALOS. Os outros MDEs obtiveram valores de 0.73 e 0.74, que são bem próximos entre si, mas considerados baixos [7].

Na distância média entre os vetores dos rios principais obteve-se resultados de 126.4 a 247.6 m. O MDE COPDEM obteve o melhor resultado, de 126.4m. O MDE com pior resultado foi o ALOS com 247.6 m. O MDE MERIT DEM obteve o resultado de 238.10, semelhante ao do ALOS. Os outros MDEs obtiveram resultados próximos, como o FABDEM com 140.6 m e o NASADEM com 180.2 m.

Mesmo tendo a resolução espacial maior (~90m) do que os outros MDEs (~30m), o MERIT DEM não obteve os piores resultados nos três aspectos analisados, como era esperado. O MDE COPDEM obteve os melhores resultados, se comparado aos outros MDEs, o que também não era esperado, pois o MDE FABDEM foi gerado a partir do COPDEM com melhorias que deveriam proporcionar um resultado mais hidrologicamente consistente.

#### 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram analisadas bacias e hidrografias geradas a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) de alta resolução (NASADEM, Alos, Merit DEM, CopDEM e FABDEM), comparando-os através de Índice Crítico de Sucesso (CSI), distância entre os vetores dos rios principais e densidade de drenagem com a bacia e rede de drenagem

oficial da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, da base BHO ANA, na região plana do rio Murupu, localizado no estado de Roraima.

Na análise do CSI verificou-se que o pior resultado foi apresentado pelo MDE ALOS, com valor de 0.61. Os outros MDEs obtiveram valores entre 0.73 e 0.74, que são considerados baixos, tendo em vista que o valor ideal seria próximo de 1. Na distância média entre os vetores dos rios principais obteve-se resultados de 126.4 a 247.6 m. O MDE COPDEM gerou o melhor resultado, de 126.4m. O MDE com pior resultado foi o ALOS com 247.6 m. Nos resultados de densidade de drenagem, a bacia da BHO ANA obteve o valor de 0.19, enquanto as bacias obtidas dos MDEs obtiveram valores entre 0.15 e 0.17. Os MDEs COPDEM e FABDEM foram valores mais próximos da bacia BHO ANA.

Em geral, o MDE COPDEM obteve os melhores desempenhos nas análises realizadas, e o MDE ALOS os piores resultados. Ressalta-se que nenhum dos MDEs avaliados conseguiu reproduzir alguns trechos da bacia do rio Murupu da BHO ANA, e em alguns trechos reproduzidos o comprimento dos rios obtidos com os MDEs foram menores.

Como sugestão para trabalhos futuros que possam ser realizados com base neste trabalho, recomenda-se a obtenção dos vetores dos trechos de rios através de máscara d'água extraída de imagens de satélite, e com esses vetores comparar os rios gerados pelos MDEs, pois os rios da base BHO ANA não são precisos em suas localizações devido à escala de 1.1.000.000 em que foram obtidos.

#### 6. REFERÊNCIAS

- [1] Bunn, Stuart E. & Arthington, Angela H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental management*, v. 30, n. 4, pp. 492-507, 2002.
- [2] Poff, N. L., J. D. Allan, M. B. Bain, J. R. Karr, K. L. Prestegard, B. D. Richter, R. E. Sparks, and J. C. Stromberg. The natural flow regime. *BioScience*, v. 47, pp. 769–784, 1997.
- [3] Brasil; Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Recursos Hídricos. *Plano Nacional de Recursos Hídricos*. Síntese Executiva. MMA, Brasília, 134 p, 2006.
- [4] Morais Carvalho, T. M. Aspectos dinâmicos da paisagem do lavrado, nordeste de Roraima. *Revista Geociências*, v. 34, n. 1, pp. 55-68, 2015.
- [5] Meneses, M.E.N.S.; da costa, M. L.; Costa, J. A.V. Os lagos do lavrado de Boa Vista - Roraima: fisiografia, físicoquímica das águas, mineralogia e química dos sedimentos. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, n. 3, pp.478-489, 2007.
- [6] Lehner, B., Verdin, K., & Jarvis, A. New global hydrography derived from spaceborne elevation data. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, v. 89, n.10, pp. 93–94, 2008.
- [7] Yamazaki, D., O'Loughlin, F., Trigg, M. A., Miller, Z. F., Pavelsky, T. M., & Bates, P. D. Development of the Global Width

Database for Large Rivers. *Water Resources Research*, v. 50, pp. 3467–3480, 2014.

[8] Yamazaki, D., Ikeshima, D., Sosa, J., Bates, P. D., Allen, G., & Pavelsky, T. (2019). MERIT Hydro: A high-resolution global hydrography map based on latest topography datasets. *Water Resources Research*, v.55, n. 6, pp. 5053-5073, 2019.

[9] Pan, F., M. Stieglitz, and R. B. McKane. An algorithm for treating flat areas and depressions in digital elevation models using linear interpolation. *Water Resources Research*, v. 48, 13 p., 2012.

[10] AIRBUS 2020. *Copernicus DEM: copernicus digital elevation model product handbook*. Report AO/1-9422/18/1-LG (European Space Agency). Acessado em 20 abril 2022.

[11] NASA JPL. NASADEM Merged DEM Global 1 arc second V001 [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. 2020. Acessado em 30 de dezembro de 2020.

[12] T. Tadono, H. Ishida, F. Oda, S. Naito, K. Minakawa, H. Iwamoto: Precise Global DEM Generation by ALOS PRISM, ISPRS. *Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 2, pp.71-76, 2014.

[13] Hawker, L., Uhe, P., Paulo, L., Sosa, J., Savage, J., Sampson, C., & Neal, J. A 30m global map of elevation with forests and buildings removed. *Environmental Research Letters*, v. 17, 11 p., 2022.