

# **BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ: PROPOSTA DE DELIMITAÇÃO A PARTIR DE MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE) COM IMAGENS COPERNICUS DEM**

Antonio Inacio Neto <sup>1</sup>  
Cybelle Silva Albuquerque de Medeiros Dantas <sup>2</sup>  
Luiz Tavernard de Souza Neto <sup>3</sup>  
Rodrigo Guimarães de Carvalho <sup>4</sup>  
Saulo Medrado dos Santos <sup>5</sup>  
Sheilha Karene Nolasco da Silva Fernandes <sup>6</sup>

## **INTRODUÇÃO**

Sendo a bacia hidrográfica, considerada como principal unidade de gestão, exige uma abordagem abrangente, tendo como problemática a integração de diversos agentes com lógicas e raciocínios divergentes. A bacia hidrográfica pode ser definida como a área da superfície terrestre delimitada por divisores de águas que capta e escoam, por meio de vertentes, rios e córregos, as águas provenientes de precipitação para um exutório, único ponto de saída, localizado em um ponto mais baixo do relevo (TUCCI, 1997). Por divisores de águas ou drenagem, destacam-se as montanhas, serras, colinas, chapadas, entre outras formas de relevo com elevação em relação às do seu entorno. São eles que delimitam as águas que fluirão para um rio ou para outro, delimitando, portanto, as bacias hidrográficas de cada rio (IBGE, 2021).

Bertolini et al. (2019) afirmam que a primeira medida a ser adotada em estudos ambientais em bacias hidrográficas é a análise de parâmetros quantitativos como: abrangência, rede de drenagem, características geomorfológicas, litológicas, entre outros fatores físicos que auxiliam a compreender o espaço natural. São destas bacias hidrográficas que a sociedade obtém grande parte da água utilizada para as atividades humanas no Brasil. Isso envolve o abastecimento humano, a irrigação, a dessedentação de animais e todas as atividades industriais

---

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN, [a.inacio43@gmail.com](mailto:a.inacio43@gmail.com);

<sup>2</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN, [cybellealbuquerque@uern.br](mailto:cybellealbuquerque@uern.br);

<sup>3</sup> Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN, [luiztavernard@gmail.com](mailto:luiztavernard@gmail.com);

<sup>4</sup> Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Ceará - UFC, [rodrigocarvalho@uern.br](mailto:rodrigocarvalho@uern.br);

<sup>5</sup> Doutor em Geografia pela Universidade Federal da Bahia - UFBA, [saulomedrado1@gmail.com](mailto:saulomedrado1@gmail.com).

<sup>6</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN, [sheilanolasco@hotmail.com](mailto:sheilanolasco@hotmail.com).

e de serviços desenvolvidas em território brasileiro. Nesse sentido, é absolutamente essencial que se cuide de tudo aquilo que afeta a qualidade e a quantidade deste recurso tão indispensável à vida, de maneira a garantir sua disponibilidade nos dias de hoje e para as gerações futuras (IBGE, 2021).

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei n. 9.433, de 1997, instituiu as diretrizes básicas para a gestão das águas no País e criou instrumentos como os planos de recursos hídricos. O Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH foi elaborado de 2003 a 2005 e tem dentre seus objetivos orientar a implementação da Política de Recursos Hídricos nos Estados e nas bacias hidrográficas, além de criar um ambiente institucional favorável e fortalecer o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH (IBGE, 2021).

É imperativo apontar que o Plano de Recursos Hídricos de uma bacia hidrográfica corresponde a um plano diretor realizado para uma bacia ou região hidrográfica específica que tem por objetivo fundamentar e orientar o Comitê de Bacia Hidrográfica de maneira que esse possa gerir os recursos hídricos localizados na área de forma sustentável, assegurando os usos e metas previstos. A bacia hidrográfica é, portanto, adotada como a unidade territorial para a implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos (IBGE, 2021).

Especificamente para o estado do Rio Grande do Norte (RN), no ano de 2022 foi iniciada a revisão do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (PERH-RN), tendo a sua origem o ano de 1999. Ano em que foi proposta formalmente a delimitação da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. Contudo, é importante destacar que a metodologia empregada para a atual delimitação não foi apresentada nos documentos oficiais a que este trabalho teve acesso.

Assim, diante da necessidade de reconhecimento de seus divisores de água como primeira ordem para o reconhecimento da unidade de gestão e provocado pelo avanço das tecnologias e técnicas das geotecnologias, este trabalho teve como objetivo propor a delimitação da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (BHRAM) com base em imagens de sensor de radar orbital do Programa Copernicus DEM. Tal escolha levou em consideração a atualização da delimitação conhecida para a BHRAM, utilizando-se de um produto atualizado e com média resolução espacial. Espera-se com isso demonstrar às Instituições de gestão das águas no Estado do Rio Grande do Norte a real área da unidade de gestão da BHRAM.

## **METODOLOGIA**

A Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (BHRAM) está localizada na região oeste do estado do Rio Grande do Norte (RN). O rio principal tem a sua nascente no município de Luiz Gomes (RN), na serra de São José, e a sua foz entre os municípios de Areia Branca (RN) e Grossos (RN), o qual, da nascente à foz, faz um percurso de aproximadamente 210 km (OLIVEIRA & QUEIROZ, 2008). A bacia apresenta destaque regional, tanto em atividades de exploração de petróleo, produção salineira na planície fluviomarinha, bem como, a fruticultura irrigada.

### **Modelo Digital de Elevação (MDE): COPERNICUS DEM**

O modelo digital de elevação (MDE) pode ser entendido como uma representação digital matemática da superfície terrestre. Em que para um conjunto de dados coordenados no espaço, temos um valor correspondente de elevação de um ponto da superfície do terreno. Deste modo, a superfície terrestre pode ser representada por uma função  $z = f(x, y)$ , isto é, para cada coordenada no plano  $(x, y)$  de um ponto, este possui uma elevação  $(z)$  (ZHILIN, 2004).

A partir do MDE é possível obter elementos topográficos como altitude, declividade, comprimento do talvegue e, por intermédio de algoritmos, é capaz de indicar a direção de escoamento de uma área de drenagem para uma rede hidrológica (POMPERMAYER, 2013). Oliveira & Paradella (2008) ressaltam que a identificação dos interflúvios e do contorno da bacia hidrográfica através de dados oriundos dos MDEs são vantajosos, uma vez que podem se definir de forma automatizada as áreas de drenagem da bacia, permitindo um traçado padronizado, e com isso a elaboração de modelos com dados que possibilitam a proposição de delimitações de bacias hidrográficas.

Nesse contexto, a fim de realizar a delimitação da BHRAM e conseqüentemente atender ao objetivo da pesquisa, utilizaram-se dados provenientes de um Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado a partir de imagens obtidas por sensores da missão COPERNICUS DEM (Global and European Digital Elevation Model - COP-DEM) da Agência Espacial Europeia (ESA), sendo um dos mais recentes produtos empregados para análises digitais (CREMON et al., 2022; ESA, 2023).

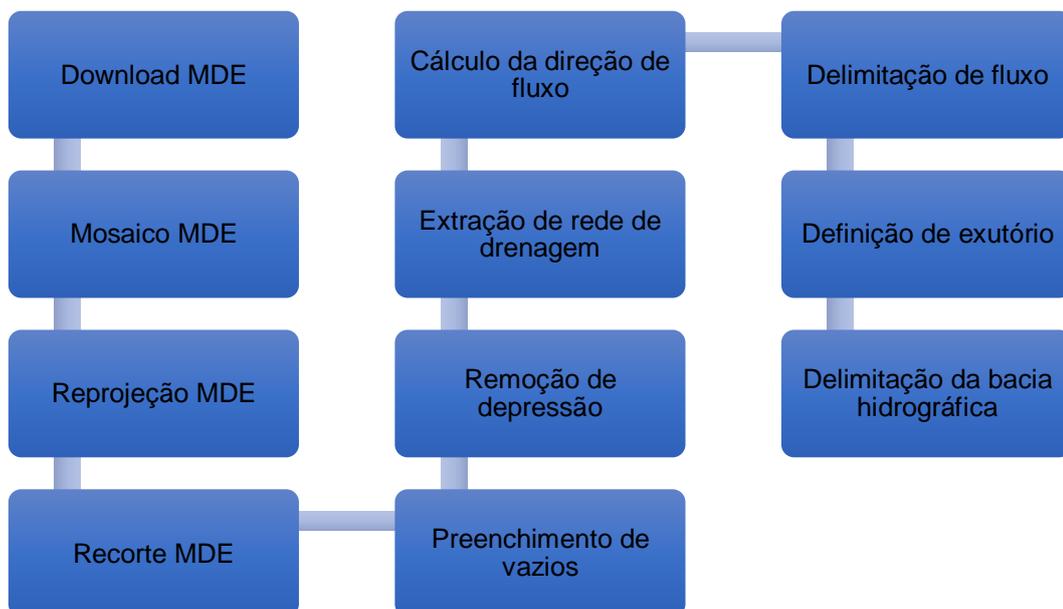
Atualmente, o Copernicus DEM é fornecido em três versões gratuitas: uma de cobertura exclusivamente europeia, a EEA-10, com tamanho de pixel de 0,4 segundos de arco (aproximadamente 12 m) e duas de cobertura global GLO-30 e GLO-90. A GLO-30 é uma reamostragem do WorldDEM<sup>TM</sup> por agregação de 0,4 para a 1 segundo de arco

(aproximadamente 30 m), enquanto a GLO-90 é a reamostragem do pixel para 3 segundos de arco (aproximadamente 90 m) (AIRBUS, 2020; CREMON et al., 2022; ESA, 2023).

### Procedimento Metodológico

Todo o procedimento para análise hidrológica, como a delimitação de área de captação e rede de drenagem ou modelagem hidrológica foi realizado por meio do software de Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS em sua versão 3.28.6 (Firenze) utilizando-se do provedor de algoritmos SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) um software híbrido, multi-plataforma. O SAGA fornece muitos métodos geocientíficos que são agrupados nas chamados bibliotecas de módulos. As etapas necessárias para delimitação de bacias hidrográficas são as demonstradas pela Figura 1.

**Figura 1.** Sequência utilizada para delimitação da BHRAM utilizando-se das imagens Copernicus DEM:



**Fonte:** Adaptação autores programa Copernicus DEM (2024)

A obtenção da extensão do curso d'água principal da BHRAM foi realizada a partir do somatório dos comprimentos dos trechos de drenagem que compõem o canal de mesma ordem dentre a rede de drenagem analisada. Pfafstetter (1989), destaca que o curso d'água principal de uma bacia é definido como aquele que tem a maior área de captação a cada confluência, verificada em uma análise no sentido foz-nascente. A partir da delimitação do exutório do Rio

Apodi-Mossoró, de coordenadas geodésicas:  $-04^{\circ}56'52,62''$  e  $-37^{\circ}08'18,81''$  foi possível delimitar a bacia do Rio Apodi-Mossoró.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A aplicação SAGA foi capaz de gerar a partir dos dados matriciais de altimetria do sensor COPERNICUS DEM subprodutos como orientação de vertente, fluxo, acumulação, lineamento das redes de drenagem além da delimitação da bacia hidrográfica.

Gesch (2018), Grohmann (2018) e Guth e Geoffroy (2021) concluíram que as imagens COPERNICUS-30m (COP-30) são melhores a todos os outros MDEs globais com 1 segundo de arco ( $\sim 30$  metros de resolução espacial). Para Guth e Geoffroy (2021) e Purinton e Bookhagen (2021) as melhorias são tão marcantes em relação aos outros MDEs que o COP-30 deve se tornar o “padrão ouro” para MDEs globais gratuitos a serem utilizados para representação paisagística e análise estatística em áreas sem cobertura suficiente de MDE locais de melhor qualidade.

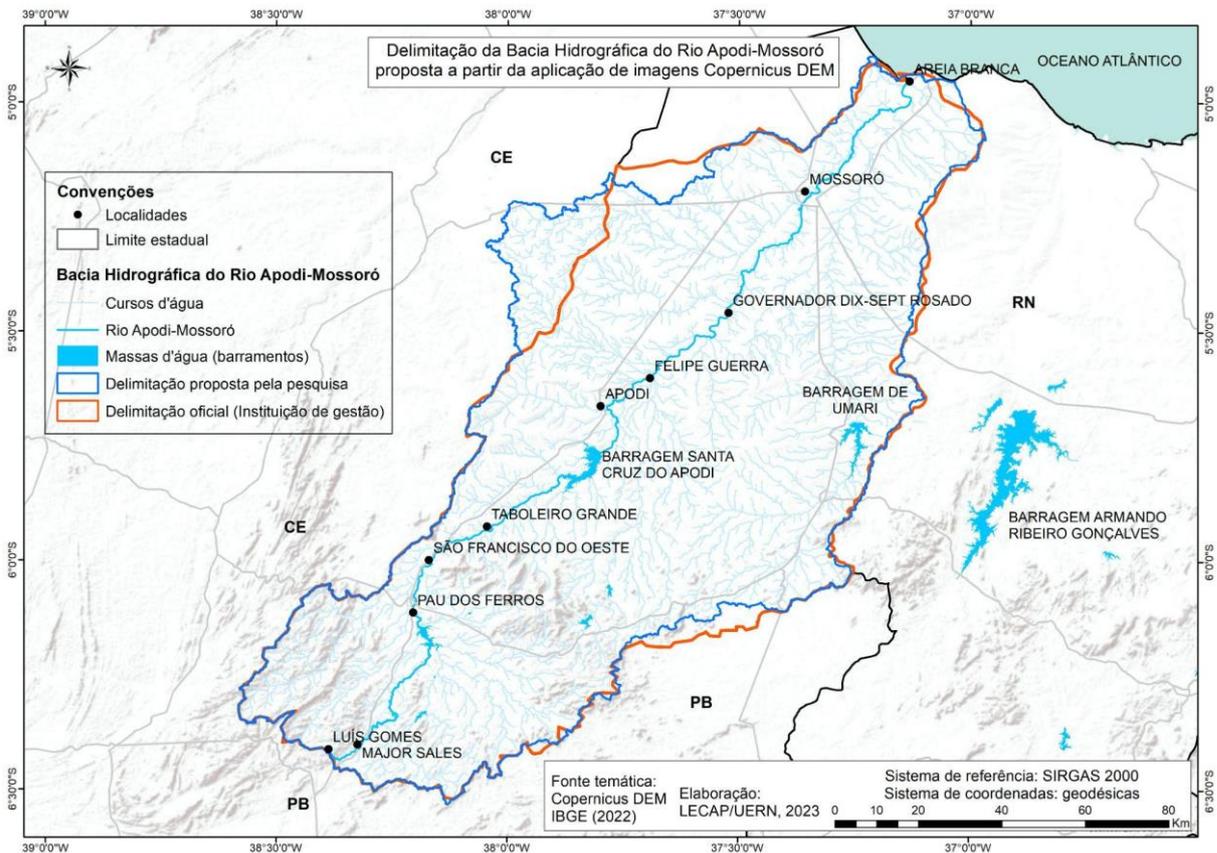
A respeito do emprego do COP-30 em trabalhos de delimitação de bacia hidrográfica Ferraz e Souza (2021), avaliaram o uso do MDE Copernicus no cálculo da gravidade usando a técnica de redução RTM e o mesmo apresentou um valor de desvio-padrão menor em relação aos modelos SRTM e ASTER indicando que esse dado pode ser empregado em cálculos geodésicos que envolvem correções de terreno.

Destaca-se que tal delimitação levou em consideração para fins de cálculo de áreas foi utilizada a projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) e, como unidade de cálculo, quilômetros quadrados ( $\text{km}^2$ ). A Área total da delimitação conhecida, com base no Plano estadual retromencionado, é de cerca de  $14.096 \text{ km}^2$  cortando todo ou parte de 52 municípios inteiramente dispostos no Estado do Rio Grande do Norte (Figura 2).

O mapa representado na figura 2 também apresenta o resultado da proposta aqui discutida, em que a área total sofreu um acréscimo de cerca de  $228 \text{ km}^2$  totalizando aproximadamente  $14.324 \text{ km}^2$ .

Os resultados da pesquisa acrescentaram à delimitação, áreas no Estado do Ceará, especificamente parte dos municípios de Limoeiro do Norte, Quixeré e Tabuleiro do Norte, além das já destacadas no Estado do Rio Grande do Norte, o que totalizou 55 municípios de abrangência da BHRAM.

**Figura 2.** Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró proposta pela pesquisa e pelas Instituições de Gestão das águas do Rio Grande do Norte (RN).



**Fonte:** Os autores (2024)

Esta delimitação vai ao encontro do proposto pelo IBGE e ANA na geração da base geográfica de bacias hidrográficas de referência para todo o território brasileiro para o ano de 2021. Com base em metodologia semelhante à empregada por este trabalho, chegaram a uma área total de aproximadamente 14.288 km<sup>2</sup> (IBGE, 2021), uma diferença de cerca de 205 km<sup>2</sup> quando comparada a proposta pelos órgãos estaduais de gestão da BHRAM no RN.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta aqui discutida pode contribuir para a constituição de um plano de gestão para a BHRAM melhor conhecedor da sua real região de abrangência. Pois, as cargas e perdas de água dessa distribuição contribuem para a manutenção do principal canal que é o Rio Apodi-Mossoró. Conforme nos apontam Merten et al. (2011), uma bacia hidrográfica é formada por

três diferentes compartimentos: a bacia vertente, o ambiente ciliar e a calha fluvial que drena o fluxo de água (vazão) e os sedimentos produzidos nessa bacia.

Destaca-se por fim que os rios do Estado são, em sua maioria, temporários, que secam seu leito no período de estiagem prolongada e que a maior parte dos recursos hídricos consiste de águas subterrâneas, que são responsáveis pelo abastecimento em diversas cidades (XAVIER & BEZERRA, 2005). Sendo assim primordial a gestão integrada e observância das questões ambientais direta e indiretamente ligadas à sua região de abrangência.

Os resultados aqui apresentados trazem novas perspectivas para a gestão da BHRAM, uma vez que podem agregar uma gestão em colaboração com Instituições da União, como a ANA e não exclusivamente das Instituições do Estado como o IGARN e SEMARH. Tal colaboração resultaria numa maior organização administrativa, financeira e fiscalizatória para que os objetivos propostos no PERH-RN sejam alcançados em um curto e médio prazo.

Importante frisar que desde a sua composição ainda não existe um plano de recursos hídricos para bacia, algo urgente uma vez que receberá águas da Transposição do São Francisco.

Trabalhos futuros de investigar sobre se os impactos econômicos, ambientais e políticos são significativos após a inserção das áreas aqui identificadas e contribuirá para a construção do Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró.

## REFERÊNCIAS

AIRBUS. Airbus Defence and Space. Copernicus Digital Elevation Model – Product Handbook. 2020.

BERTOLINI, W. Z.; DEODORO, S. C.; BOETTCHER, N. Análise morfométrica da bacia do rio Barra Grande–Oeste de Santa Catarina. Rev. Bras. Geomorfol. (Online), São Paulo, SP, v.20, n.1, p.3-17, jan./Mar. 2019.

CREMON, Édipo H.; BETTIOL, Giovana M.; MAGNA JÚNIOR, João P.; MACEDO, Fabio C.; RABELO, MaxWell de O. Avaliação da altimetria do MDE COP-30 no Centro-Oeste do Brasil. Rev. Bras. Cartogr, vol. 74, n. 3, 2022.

ESA, Agência Espacial Européia. Copernicus DEM - Modelo de Elevação Digital Global e Europeu (COP-DEM). 2023.

FERRAZ, Rodrigo da S.; SOUZA, Sérgio F. de. Modelagem residual do terreno a partir de diferentes modelos digitais de elevação estudo de caso no estado do rio grande do sul. Anais X SAPGU I seminário internacional brasil-portugal, 2021 (ISBN 978-65-5973-059-9).

GESCH, D. B. Best practices for elevation-based assessments of sea-level rise and coastal flooding exposure. *Frontiers in Earth Science*, v. 6, 230, 2018.

GROHMANN, C. H. Evaluation of TanDEM-X DEMs on selected Brazilian sites: Comparison with SRTM, ASTER GDEM and ALOS AW3D30. *Remote Sensing of Environment*, v. 212, p. 121–133, 2018.

GUTH, P. L.; GEOFFROY, T. M. LiDAR point cloud and ICESat-2 evaluation of 1 second global digital elevation models: Copernicus wins. *Transactions in GIS*, v. 25, p. 2245-2261, 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Bacias e Divisões Hidrográficas do Brasil, Série Relatórios Metodológicos, volume 48*. Rio de Janeiro: IBGE, 160 p., 2021 (ISSN 0101-2843).

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G.; REICHERT, J. M.; MORO, M. Implicações do uso e manejo do solo e das variações climáticas sobre os recursos hídricos. In: Klauberg Filho, O.; Mafra, A. L.; Gatiboni, L. C. (Orgs.). *Tópicos em Ciência do Solo (Topics in Soil Science)*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.7, 403p., 2011.

OLIVEIRA, C. G.; PARADELLA, W. An Assessment of the Altimetric Information Derived from Spaceborne SAR (RADARSAT-1, SRTM3) and Optical (ASTER) Data for Cartographic Application in the Amazon Region. *Sensors*, 8(6), 3819-3829, 2008.

PFAFSTETTER, O. *Classificação de bacias hidrográficas: metodologia de codificação*. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), 1989.

POMPERMAYER, R., C. Modelagem hidrológica técnicas de geoprocessamento aplicadas ao modelo SCS – Soil Conservation Service – Curve Number. 95 f. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.

PURINTON. B.; BOOKHAGEN, B. Beyond Vertical Point Accuracy: Assessing Inter-pixel Consistency in 30 m Global DEMs for the Arid Central Andes. *Frontiers in Earth Science*, v. 9, p.1-24, 2021.

RODRIGUES, J. M. M.; SILVA, E. V. *Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica*. Fortaleza: Edições UFC. 2013.

TUCCI, C. E. M. (org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH. 943 p., 1997.

ZHILIN, LI; ZHU, Q.; GOLD, C. *Digital terrain modeling: principles and methodology*. Flórida: CRC PRESS, 2004.

XAVIER, Y. M de A.; BEZERRA, N. F. (organizadores). *Gestão legal dos recursos hídricos dos estados do nordeste do Brasil*. Fortaleza-CE. Fundação Konrad Adenauer, 187p., 2005.