

SUB-BACIA DO RIO DO SAL, SERGIPE: APROXIMAÇÕES PRELIMINARES DO MAPEAMENTO DE DETALHE DO RELEVO, UTILIZANDO A FERRAMENTA GEOMORPHONS

Gustavo Alves dos Santos Onofre¹
Wanderson dos Santos Prata²
Antônio Marcos Santos de Jesus³
Carlos Henrique Oliveira Santos⁴
Ronaldo Missura⁵

INTRODUÇÃO

A utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no mapeamento geomorfológico proporciona maior velocidade no processamento, na identificação de feições espaciais e na sua classificação de maneira automatizada. Isso torna as análises científicas no campo da catalogação de feições físicas do espaço geográfico mais rápidas. De acordo com SPEIGHT (1968), o avanço tecnológico permitiu uma parametrização morfológica do relevo de forma mais acelerada e precisa, alocando parâmetros fixos para a classificação dessas formas. Assim, com a utilização de SIG, o processamento quantitativo de dados morfológicos diminui cada vez mais a subjetividade na identificação e delimitação de feições no processo de classificação do relevo.

Neste contexto, este trabalho está inserido no projeto ‘Mapeamento Geomorfológico de Semidetalhe das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Aracaju (RMA)’. O objetivo é mapear as bacias da RMA, contribuindo para um inventário geomorfológico mais completo nessa região de grande importância no contexto do estado de Sergipe.

Os Modelos Digitais de Terreno (MDT) em SIGs permitem realizar cálculos morfométricos mais precisos, aproximando-se da forma real apresentada. Isso depende da escala de resolução desses modelos. Segundo Li (2005), o MDT é uma representação estatística da superfície contínua do solo por meio de um grande conjunto de pontos selecionados nas coordenadas X, Y e Z. Comparado à representação analógica tradicional, o meio digital oferece maior viabilidade para gerar subprodutos a partir de seu uso. Neste estudo, os MDTs foram gerados a partir de mapeamentos topográficos sistemáticos e da interpolação dos dados

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal - UFS, guedpedro.alves@gmail.com;

² Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal - UFS, wprata9@gmail.com;

³ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual - UFS, antoniomsj.contact@gmail.com;

⁴ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal - UFS, henriquegrimm16@gmail.com;

⁵ Professor orientador: Doutor, CECH - UFS, ronaldomissura@gmail.com.

altimétricos, para posterior elaboração de mapeamento geomorfométrico automatizado usando a metodologia dos ‘Geomorphons’.

A metodologia desenvolvida por Jasiewicz e Stepinski (2013) para mapeamentos geomorfológicos neste trabalho utiliza os MDTs e os recursos de processamento disponíveis em SIG. Isso permite a elaboração automatizada de formas de relevo em escala de semidetalhe, conhecidas como ‘Geomorphons’. A classificação obtida com os Geomorphons permite enquadrar o relevo dentro da taxonomia proposta por Ross (1994) no 5º táxon. Neste artigo, utilizou-se a ferramenta ‘Geomorphons’ para otimizar o mapeamento geomorfológico de semidetalhe da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio do Sal (SBHS).

Assim, o presente estudo elaborou um mapeamento dos geomorphons da SBHS (Figura 01), localizada nos municípios de Aracaju e Nossa Senhora do Socorro, no Estado de Sergipe. De acordo com Moura et al. (2010), o relevo da bacia é predominantemente plano, com baixa declividade, e possui trechos que atravessam perímetros urbanos, permitindo uma grande presença humana e uma alta influência antrópica, como despejos de materiais domésticos e industriais, resultando em altos impactos ambientais na sub-bacia mapeada.

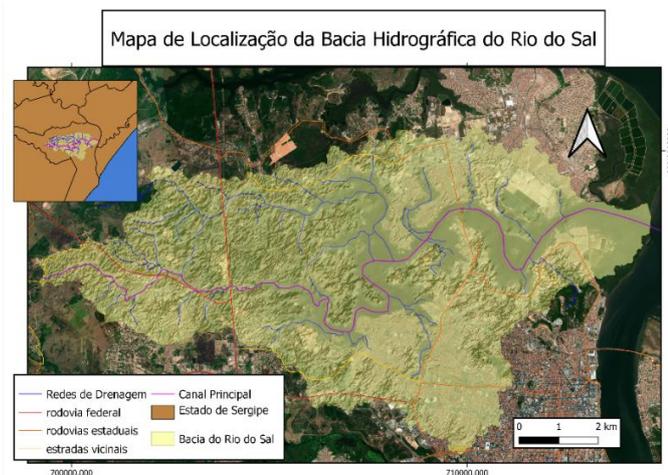


Figura 01 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio do Sal

METODOLOGIA

Para a viabilização desta pesquisa, buscou-se fazer um levantamento prévio de documentação cartográfica e bibliográfica a respeito da área de estudo e do objetivo a ser desenvolvidos, dentro de seu escopo.

Na elaboração dos MDTs, utilizaram-se cartas topográficas com escala de 1:10.000, com *datum* planimétrico SAD69 UTM 24S da SEPLANTEC (2002), que recobriam a área da bacia (698-797, 698-792, 704-797, 704-792, 711-797, 711-792), disponibilizadas pelo Observatório Estadual de Sergipe.

Os processamentos de dados e informações para esta pesquisa foram viabilizados utilizando as versões SIG do *ArcGIS* 10.6.1 e *SAGA GIS* versão 7.8.2, acopladas ao *QGIS* 3.22.5, para a obtenção dos resultados centrais da pesquisa.

Num primeiro momento, com base nas informações altimétricas disponíveis nas cartas topográficas, partiu-se para a interpolação dos MDTs no SIG *ArcGIS* 10.6.1, utilizando-se o conjunto de ferramentas de análise espacial, mais especificamente a ferramenta *TopoToRaster* que elabora modelos levando em conta a topologia do relevo, sendo ideal para interpolação do relevo em microbacias. As informações vetoriais de pontos cotados e curvas de nível foram inseridas e posteriormente interpoladas, gerando unico MDTs para a área de estudo, que posteriormente foram reprojctados em Datum SIRGAS 2000 UTM 24S. Em seguida, foram utilizadas ferramentas (*r. watershed, r.to.vect e r.stream.extract*) no *software* *QGIS* 3.22.5 para o processamento de modelos *raster* e a geração das seguintes informações da SBHS: delimitação, vetorização e demarcação dos seus canais fluviais.

Ainda com base no MDT procedeu-se a elaboração do mapeamento dos *geomorphons*. Segundo Zakharovskii e Németh (2022), o Geomorphon é um dos métodos mais novos de cálculo de divergência, de uma gama de formas específicas de relevo. Este cálculo é baseado na relação da célula de avaliação com suas 8 células vizinhas mais próximas. As células vizinhas podem ser colocadas em três posições diferentes: na mesma altitude da célula estudada, mais alta que a célula estudada ou mais baixa que a célula estudada. A combinação de todas as posições entre as vizinhas descreve o tipo exato do terreno. Esses tipos de terreno são divididos em 10 formas: 1-depressão, 2-topo, 3-ombreira, 4-base de encosta, 5-crista, 6-vale, 7-concavidade, 8-esporão, 9-plano e 10-encosta (1-*depression, 2-summit, 3-shoulder, 4-footslope, 5-ridge, 6-valley, 7-hollow, 8-spur, 9-flat, 10-slope*). Este modelo pode ser calculado usando o MDT da SBHS no programa *SAGA GIS* 7.8.2 integrado ao *QGIS* 3.22.5, por intermédio da ferramenta *Geomorphon*. Sendo então gerado um raster do conjunto de feições geomorfológicas do relevo da bacia. E em seguida a partir do raster dos *geomorphons* foi gerado um relatório quantitativo com a ferramenta *r.report*. Foram elaborados ainda mapeamentos acessórios para auxiliar na interpretação e descrição das formas de relevo identificadas com os *geomorphons*, foram eles : Mapeamento hipsométrico da bacia, realizado pelo fatiamento altitudinal do MDT, através da ferramenta de simbologias de raster do programa *QGIS*, Mapeamento de Declividade utilizando a ferramenta homologa disponível no *QGIS*, e adotando a legenda da EMBRAPA, 1979, que classifica o relevo em plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, escarpado e montanhoso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sub-bacia do rio do Sal, é uma bacia hidrográfica de pequena extensão territorial, abrangendo 67,24km², afluente direto do Rio Sergipe, caracteriza-se por possuir cerca de 49,07% de sua totalidade em área de perímetro urbano, o que resulta em problemas socioambientais pela ação antrópica, como apresenta Souza,et.al.(2007) essa interferência humana em relação com a proximidade dos cursos dos rios, com conjuntos habitacionais, proporciona uma alta descarga de esgoto sanitário, um elevado número de despejos de resíduos sólidos com origem industrial e frigoríficas, vem comprometendo a saúde do afluente Rio do Sal.

Essa presença humana se faz possível por conta da predominância do relevo plano na área de planície fluvio-marinha na bacia, e dada sua proximidade com a capital Aracaju, tornou-se eixo de expansão urbana, acarretando seu superpovoamento e decorrentes impactos ambientais a bacia hidrográfica.

A variação de declividade na bacia é de 0 a 45% com áreas mais declivosas, estando localizadas no setor oeste da SBHS figura 02 onde há menor presença populacional humana, onde ocorrem áreas de relevo colinosos com ondulações de variação de 8 a 45% no relevo, terrenos onde predominam colinas dissecadas, fruto dos processos erosivos nos antigos tabuleiros da formação Barreiras. Enquanto teremos uma presença de planícies fluvio-marinhas nos seus setores a leste, com declividades de no máximo 3%, com maior proximidade ao canal fluvial.

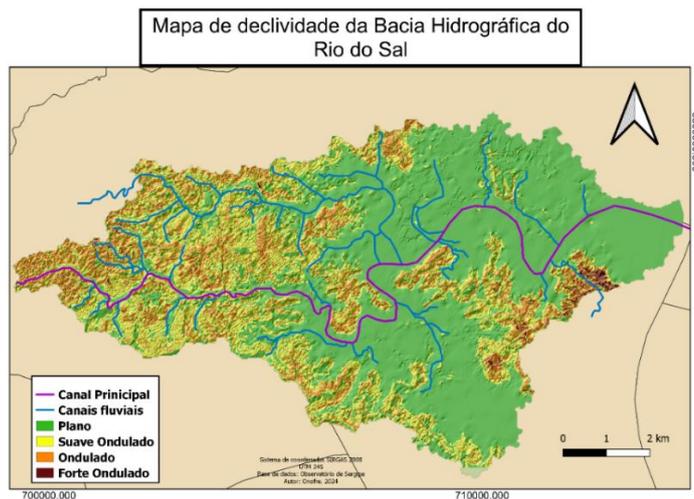


Figura 02 - Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio do Sal

Com a relação à declividade mais baixas encontradas na foz do principal canal fluvial a altitude será de 3 metros, enquanto em alguns pontos caracterizados por colinas isoladas nos setores oeste, chegam à altura de pouco mais de 53 metros, mas no geral a altimetria do relevo se

configura com variação de 20 a 53 metros na porção Oeste. Já nos setores leste ocorrem áreas mais planas do relevo, com altura de máximas de 3 metros, como observado na figura 03.

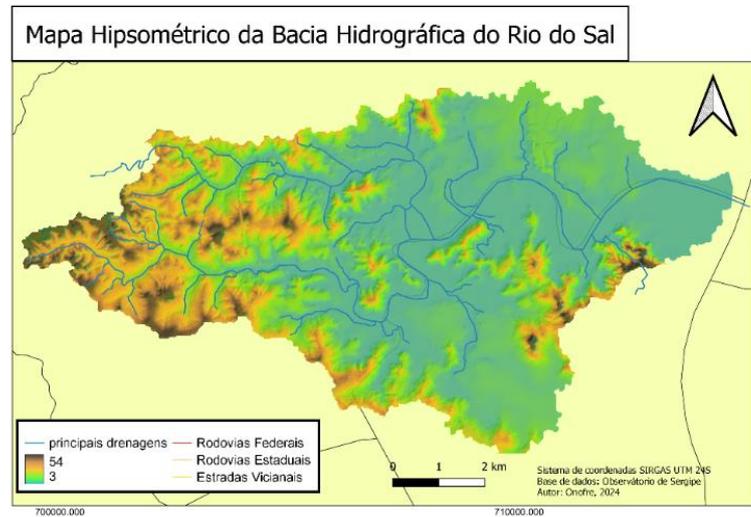


Figura - 03 Mapa Hipsométrico da Bacia do Rio do Sal

A bacia por se encontrar em área da planície litorânea apresenta composição litológica de areias e argilas que se encontra na margem leste da SBHS, estando localizada em uma área de depósitos sedimentares litorâneos e de mangues onde a interferência pela ação de marés advindas da foz do rio, onde ele encontra-se com o Rio Sergipe, sendo uma área de material menos resistente, e menos consolidado. No setor oeste, tem maior predominância de Arenitos da formação Barreiras, entre pacotes sedimentares, mais consolidadas no ambiente, onde há uma menor interferência da ação das marés, como ilustrado no mapa da figura 04.



Figura 04 - Mapa da composição litológica da Bacia Hidrográfica do Rio do Sal

A tabela 01 e o mapa da figura 05, apresentam as porcentagens, áreas em quilômetros quadrados (km²) e espacialização das diferentes classes de *geomorphons*, que são formas geomorfológicas encontradas em paisagens. Vamos analisar cada um deles em ordem decrescente de área:

Encosta (23,76%): As encostas ocupam a maior parte da área, representando quase um quarto do total. Essas áreas inclinadas entre as cristas e os vales são uma característica dominante da paisagem. Ocorrendo em grande parte em concomitância com a classes de declividade suave onduladas e onduladas ao longo de toda bacia, em altitudes intermediárias em oposição a terrenos baixos do vale e altos dos topos

Plano (23,9%): As áreas planas vêm em segundo lugar em termos de extensão. Elas ocorrem nas planícies fluvio-marinha com declividade plana, em altitudes abaixo dos 10 m, sendo estruturadas sob sedimentos arenosos e argilosos quaternário consolidados.

Base de Encosta (14,71%): Essas áreas no sopé das encostas ocupam uma parte significativa da paisagem sendo uma continuidade das áreas planas. A inclinação diminui gradualmente estando em compartimentos classificados como suave ondulados, e muitas vezes essas regiões têm solos férteis.

Vale (13,69%): por se tratar de uma área de planície fluvio-marinha esta unidade de relevo tem maior expressividade espacial, pois os vales tendem a ser mais largos e meandantes, apresentam declividade plana a suave, e desenvolvem-se principalmente em sedimentos argilosos que dão suporte a vegetação de mangue. Suas altitudes são baixas em no setores mais a jusante sofre ação da variação das marés.

Esporão (8,2%): Os esporões são projeções estreitas e alongadas que se estendem para fora das encostas. Eles são encontrados em terrenos acidentados a oeste da bacia apresentam declividades onduladas a forte onduladas, em setores de maior altitude da bacia, estruturados em sedimentos de arenitos e argilitos da formação barreiras

Concavidade (7,36%): Essas depressões suaves na paisagem podem ser pequenos vales ou anfiteatros. Elas podem acumular água e indicam uma hidrologia ativa. Ocorrem em setores onde a declividade se altera à medida que aumenta a elevação. Se manifesta nos setores colinas dissecadas da bacia e normalmente formam cabeceiras de drenagem.

Crista (5,33%): As cristas são linhas estreitas e elevadas que se estendem ao longo das montanhas ou colinas. Elas formam divisores de água das bacias subsidiárias do Rio do Sal. Ocorrem em relevos ondulados a forte ondulados de cimeiras em terrenos de arenitos e argilitos da formação barreiras.

Ombreira (1,76%): As ombreiras são encostas inclinadas que descem das cristas em direção aos vales. Essas áreas são frequentemente cobertas por vegetação. Ocorrem como continuidade inferior das cristas em direção as áreas mais rebaixadas do relevo.

Topo (0,59%): Refere-se a picos ou cumes de colinas e montanhas. São áreas pequenas e elevadas. Por se tratar de uma bacia predominante em áreas de planície essa classe é

bem pouco representava. Desenvolvem-se em terrenos planos, resíduos de relevos tubulares dissecados, nos setores somitais da bacia.

Depressão (0,7%): As depressões são áreas mais baixas e planas, como lagoas ou pântanos. Elas são raras na paisagem.

Tabela 01 - Classes de Geomorphons.

Geomorphons	Porcentagem	Área em km ²
1-Plano	23,9%	16,07315
2- Topo	0,59%	0,398375
3- Crista	5,33%	3,58475
4-Ombreira	1,76%	1,183625
5- Esporão	8,2%	5,512875
6-Encosta	23,76%	15,979825
7-Concavidade	7,36%	4,947025
8-Base de encosta	14,71%	9,890875
9- Vale	13,69%	9,204025
10-Depressão	0,7%	0,468675
TOTAL	100%	67,2432

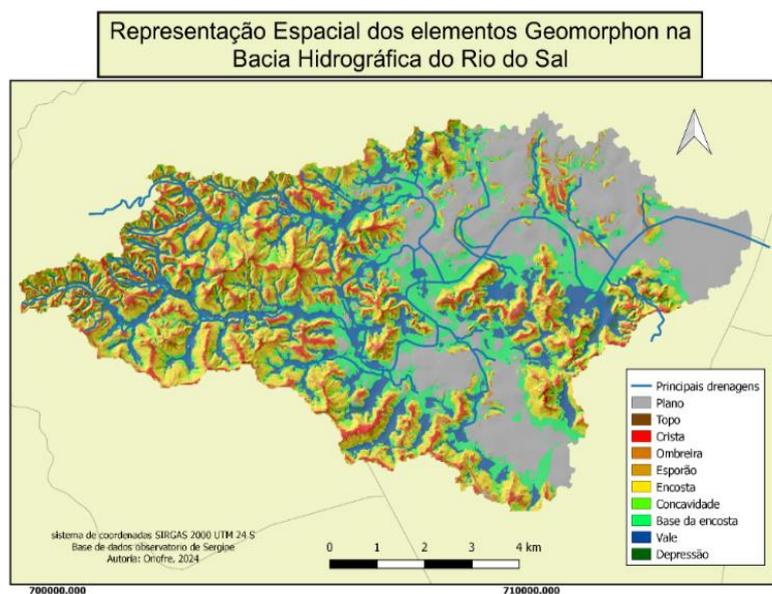


Figura 5 - Mapa Geomorphon da Bacia Hidrográfica do Rio do Sal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um mapeamento geomorfológico de semidetalhe da subbacia do rio do Sal, Sergipe, utilizando a ferramenta Geomorphons, que permite classificar as formas de relevo de forma automatizada e padronizada. Os resultados mostraram que a subbacia possui uma paisagem diversificada, com predomínio de áreas planas, encostas e vales e secundariamente, em menor proporção, as formas: esporões, concavidades, cristas, ombreiras, topos e depressões, ambos os conjuntos estão distribuídas em diferentes níveis de altitude, declividade e litologia. A metodologia empregada se mostrou eficiente e rápida para identificar

e quantificar as unidades geomorfológicas da área de estudo, contribuindo para um melhor conhecimento da dinâmica do relevo e dos processos que o modelam.

Apesar de se tratar de uma pesquisa de iniciação científica, esta pesquisa buscou, aplicar uma metodologia e obteve resultados satisfatórios, a classificação, geomorfológica e reunião de aspectos físicos do relevo. O mapeamento geomorfológico pode servir de base para outras pesquisas que envolvam aspectos ambientais, hidrológicos, pedológicos e de uso e ocupação do solo na sub-bacia do rio do Sal, bem como planejamento e gestão da área.

REFERÊNCIAS

DE SOUZA, Roberto Rodrigues et al. Construção de modelo empírico para o monitoramento de recursos hídricos do Rio do Sal/Sergipe. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (RBCIAMB)**, n. 08, p. 16-28, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10, 1979, Rio de Janeiro. Súmula... Rio de Janeiro, 1979. 83p.

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. Geomorphons a Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms. *Geomorphology*, v.182, pag. 147–156, 2013.

LI, Zhilin; ZHU, Christopher; GOLD, Chris. **Digital terrain modeling: principles and methodology**. CRC press, 2004.

MOURA, Ana Sheila Alves et al. Problemas ambientais no Rio do Sal (SE) decorrente da ação antropogênica. 2010.

ROSS, JLS. "Suporte da Geomorfologia Aplicada: os táxons e a cartografia do relevo." *Departamento de Geografia da Universidade Federal de São Paulo–USP*. São Paulo (1994).

SPEIGHT, J. G. Parametric description of landform. In: G. A. Stewart (Ed.), *Land evaluation*, p. 239-250. Australia: Macmillan, 1968.

ZAKHAROVSKIY, Vladyslav; NÉMETH, Károly. Geomorphological model comparison for geosites, utilizing qualitative–quantitative assessment of geodiversity, Coromandel Peninsula, New Zealand. **Geographies**, v. 2, n. 4, p. 609-628, 2022.