

Eixo Temático ET-05-029 - Recursos Hídricos

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA UTILIZANDO PLATAFORMA SIG A PARTIR DE IMAGENS SRTM PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME, PB

Vanessa Negreiros de Medeiros, Sarah Veeck, Thiago Pires Bezerra

Pós-Graduando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPB.

RESUMO

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é fundamental ao desenvolvimento de estudos hidrológicos, que auxiliam na tomada de decisões ambientalmente corretas. A Bacia Hidrográfica do Rio Gramame está localizada no Estado da Paraíba, entre as latitudes 7°11' e 7°23' Sul e as longitudes 34°48' e 35°10' Oeste. O objetivo deste trabalho foi gerar o MDEHC da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame e caracterizar morfometricamente a bacia utilizando a plataforma SIG, de modo a aumentar a precisão da delimitação da Bacia Hidrográfica e o caminho de drenagem da água. O software utilizado no estudo foi o ArcGIS versão 10.1, sendo a base de dados advinda da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Com as informações matricial e vetorial do MDEHC foi possível calcular as seguintes características morfométricas: área de drenagem (589,14 km²); perímetro (123,29 km); comprimento total dos cursos d'água (382,5 km); comprimento do rio principal (32,54 km); extensão média de escoamento superficial (4,53 km); coeficiente de compacidade (1,42); fator de forma (0,34); Índice de circularidade (0,49); densidade de drenagem (0,65 Km/Km²); índice de sinuosidade (1,42); amplitude altimétrica (213 m) e ordem dos cursos d'água (4°). Além disso, foram calculadas as classes de declividade e hipsometria. De posse dos resultados obtidos, conclui-se que a bacia possui forma alongada, com menor risco de enchentes em condições normais de precipitação.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Caracterização Morfométrica; Sistemas de Informação Geográfica; MDEHC; Gramame.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a Lei nº 9.433/1997 estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Canabarro et al. (2008) definem a bacia hidrográfica como sendo um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formado nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e, à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios. Esses pequenos rios continuam

seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocar no oceano.

O estudo de todo e qualquer empreendimento ligado ao meio ambiente e planejamento dos recursos hídricos de uma determinada região envolve a delimitação da bacia de drenagem e sua caracterização morfométrica. Para isso, é comum utilizarem-se informações de relevo em formato analógico, como mapas e cartas, o que compromete a confiabilidade e a reprodução dos resultados devido à carga de subjetividade inerente aos métodos manuais (MENDES e CIRILO, 2001).

Com o aprimoramento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), os mapeamentos e caracterizações do espaço terrestre passaram por grandes avanços, aumentando o grau de confiabilidade dos mesmos. As plataformas SIGs compreendem uma combinação de tecnologias que incluem o sensoriamento remoto, GPS (Global Positioning System) e geoprocessamento, que nada mais é do que o processamento informatizado de fenômenos geográficos.

Um importante exemplo em SIG são os Modelos Digitais de elevação (MDE), que são representações matemáticas computacionais de um fenômeno espacial que ocorre em uma região da superfície terrestre, especificamente modelos que consideram como principal característica a elevação do terreno. Uma extensão dos MDEs são os Modelos Digitais de Elevação Hidrograficamente Condicionados (MDEHC), que permitem que as delimitações das bacias hidrográficas e a representação do caminho preferencial da drenagem da água sejam feitas com maior precisão (GUEDES e SILVA, 2012).

De acordo com o pressuposto, objetiva-se neste trabalho gerar o MDEHC da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame (BHRG) e, como objetivo específico têm-se a caracterizar morfometricamente a bacia em estudo, quantificando índices que possam ser base para futuros trabalhos de gestão de recursos hídricos e ambientais.

MATERIAS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Gramame (Figura 1), localizada entre as latitudes 7°11' e 7°23' Sul e as longitudes 34°48' e 35°10' Oeste (BOMFIM et al., 2015).

Sua área de drenagem abrange parte dos Municípios de Alhandra, Cruz do Espírito Santo, João Pessoa, Santa Rita, São Miguel de Taipu, Conde e Pedras de Fogo, sendo o Rio Gramame seu principal canal fluvial. Seus tributários mais relevantes são os rios Mumbaba, Mamuaba e Água Boa (BOMFIM et al., 2015).

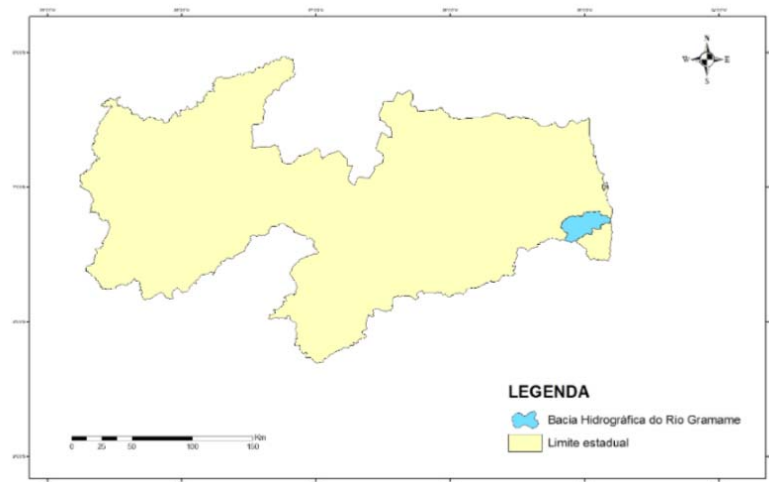


Figura 1 - Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame (BHRG).
Fonte: Dados trabalhados pelos autores.

Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionada (MDEHC)

Para gerar o Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC) da BHRG será utilizada a base de dados da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponibilizada gratuitamente junto à plataforma da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) no endereço eletrônico <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/index.htm>>. A cena obtida para o estudo, com resolução espacial de 90 metros e elipsóide de referência WGS84, foi a cena SB-25-Y-C.

O modelo disponibilizado trata-se de um Modelo Digital de Elevação (MDE). A partir desse dado, cabe ao analista transformá-lo em MDEHC fazendo uso de operações realizadas no software de geoprocessamento ArcGIS® versão 10.1. Na Figura 2 está apresentado o fluxograma a ser utilizado no processamento do MDE.

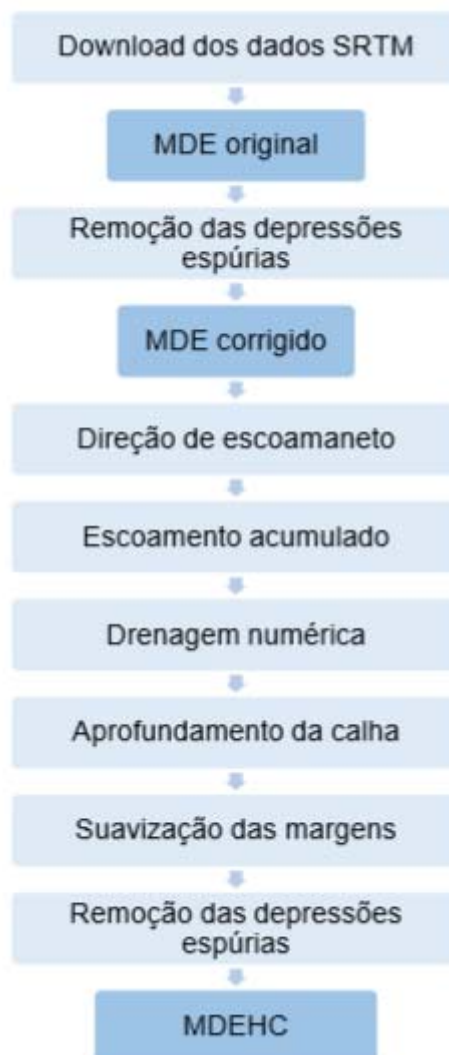


Figura 2 - Fluxograma a ser utilizado no processamento de MDE e geração do MDEHC.

Os MDEs fornecidos por sensores remotos apresentam falhas em determinados pontos, essas falhas podem ser originadas, principalmente, pela ocorrência de corpos hídricos, relevo acidentado e presença de nuvens nas imagens (LUEDELING et al., 2007). Essas falhas contidas nos modelos são denominadas de “sinks” ou depressões espúrias, sendo caracterizadas por áreas cercadas por elevações com valores de cotas superiores. Essas depressões são prejudiciais durante a geração do escoamento nos modelos hidrológicos, devendo ser removidas para a geração do MDEHC (ALVES SOBRINHO et al., 2010). No software ArcGIS® versão 10.1, a função utilizada para o preenchimento é denominada “fill”.

O próximo passo para a geração de um modelo consistente foi a determinação da direção de escoamento através da função “flow direction”. Rennó et al. (2008) elucida que a direção de fluxo define relações hidrológicas entre os diferentes pontos da bacia hidrográfica, portanto, continuidade topológica é necessária para que a drenagem gerada seja funcional.

O escoamento acumulado, obtido através da função “flow accumulation”, indica o grau de confluência do escoamento.

Na sequência foi determinada a drenagem numérica, ou seja, o padrão de fluxo acumulado e a localização potencial da malha dos rios. A função “con” foi empregada no processo, sendo testados diferentes graus de ramificação para a hidrografia da bacia. A ramificação escolhida para a drenagem numérica foi determinada com acúmulo inicial de 100 células, por demonstrar de forma mais detalhada os cursos d’água.

Por último, as operações de aprofundamento da calha e suavização das margens foram realizadas com a função “DEM reconditioning” da ferramenta ArcHydro do ArcGIS® versão 10.1, permitindo que o escoamento superficial da água fosse representado pelo MDEHC.

De posse do MDEHC foram gerados os mapas de declividade e hipsométrico para BHRG.

Características morfométricas

Com as informações matricial e vetorial do MDEHC foi possível calcular as seguintes características morfométricas: área de drenagem (A); perímetro (P); comprimento total dos cursos d’água (Lt); comprimento do rio principal (Lp); extensão média de escoamento superficial (l); coeficiente de compacidade (Kc); fator de forma (Kf); Índice de circularidade (Ic); densidade de drenagem (Dd); índice de sinuosidade (Is); declividade (I); amplitude altimétrica (ΔH) e ordem dos cursos d’água (STRAHLER, 1957).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame (BHRG) variou de 1 m, próximo à foz do curso d’água, a 214 m, próximo ao divisor topográfico (Figura 3). Os valores inferiores a 0 m indicam as operações de rebaixamento e suavização realizados ao longo da hidrografia na bacia.

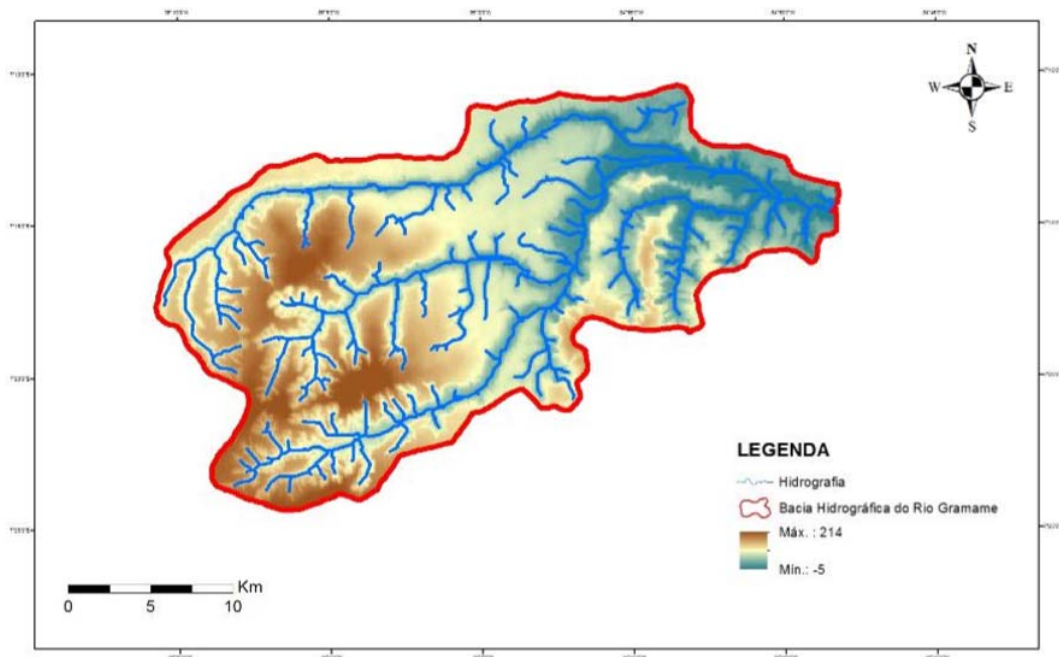


Figura 3 - MDEHC gerado para a BHRG com base em dados de sensor remoto. Fonte: Dados trabalhados pelos autores.

De posse do MDEHC foram gerados os mapas de declividade (Figura 4), conforme a classificação da EMBRAPA e, de hipsometria (Figura 5).

Os intervalos das classes de relevo vão de Plano (0%-3%), passando por Suaveondulado (3%-8%), Ondulado (8%-20%), Forte-ondulado (20%-45%), Montanhoso (45%-75%) e Forte-montanhoso (>75%). Analisando a declividade da BHRG, percebe-se que há predomínio das classes de 0% a 45%, sendo isentos pontos com maiores declividades.

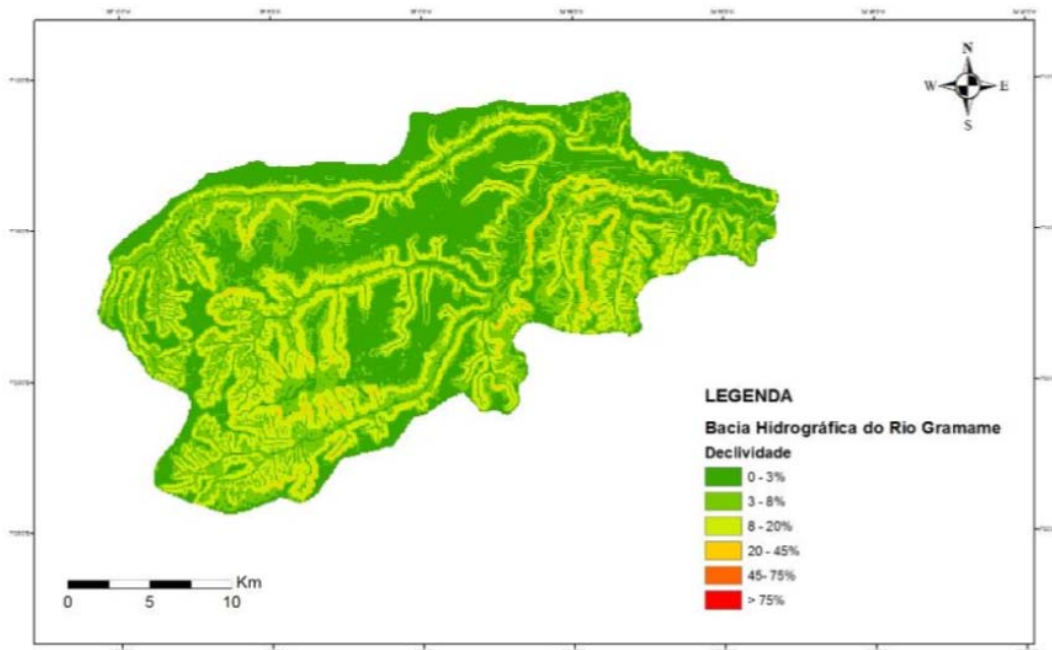


Figura 4 - Mapa de declividades para a BHRG. Fonte: Dados trabalhados pelos autores.

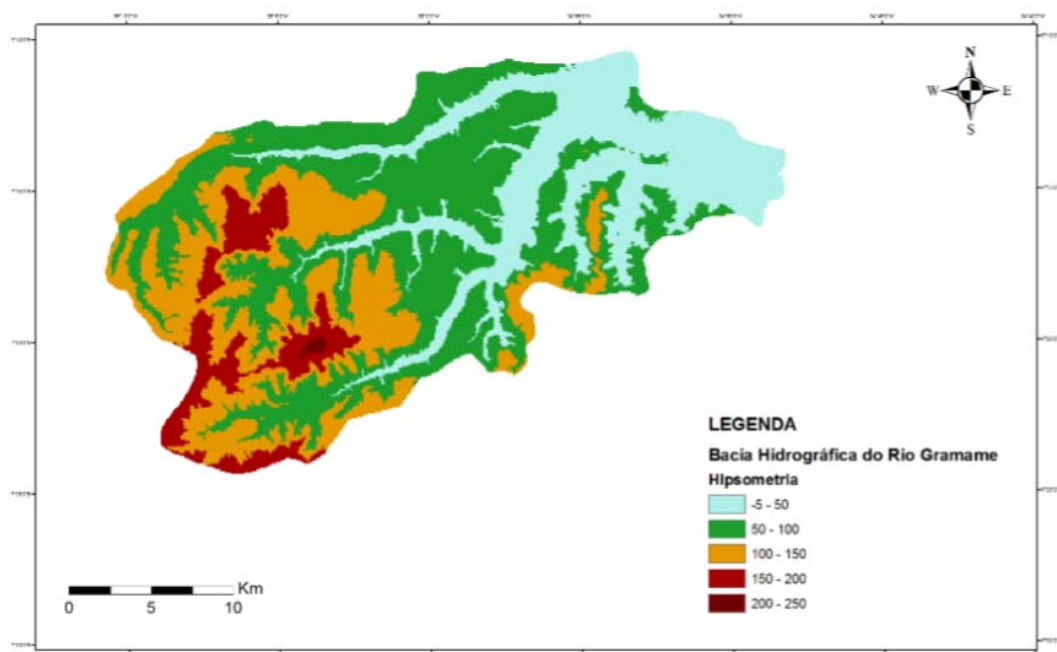


Figura 5 - Mapa hipsométrico para a BHRG. Fonte: Dados trabalhados pelos autores.

Conforme pode ser observado na Tabela 1 referente às características morfométricas do objeto em estudo, a bacia hidrográfica possui área de 589,14 km² e perímetro de 123,29 km.

Tabela 1 – Características Morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame

Características geométricas	
Área de drenagem (km ²)	589,14
Perímetro (km)	123,29
Comprimento axial (km)	41,64
Comprimento do curso d'água principal (km)	32,54
Comprimento total dos cursos d'água (km)	382,5
Extensão média do escoamento superficial (km)	4,53
Fator de compacidade	1,42
Fator de forma	0,34
Índice de circularidade	0,49
Densidade de drenagem (km/km ²)	0,65
Índice de sinuosidade	1,42
Ordem dos cursos de água	4
Amplitude altimétrica (m)	213

O comprimento do rio principal é de 32,54 km com uma rede de drenagem total de 382,50 km.

Com os valores de fator de forma (0,34), coeficiente de compacidade (1,42) e índice de circularidade (0,49) pode-se inferir que a bacia possui formato alongado, não tendendo a sofrer com inundações e/ou enchentes em eventos normais de precipitação. De acordo com Villela e Matos (1975), valores de fator de forma e coeficiente de compacidade próximos à unidade caracterizam circularidade da bacia, sendo propícias a sofrer com inundações próximos ao seu exutório.

A densidade de drenagem é de 0,65 km/km², classificada como bacia de drenagem moderada, pois de acordo com Villela e Matos (1975), a densidade de drenagem varia de 0,5 km/km² para bacias hidrográficas com drenagem pobre a 3,5 km/km² ou mais para aquelas excepcionalmente bem drenadas.

O sistema de drenagem, de acordo com a hierarquia de Strahler, apresentou grau quatro de ramificação, como pode ser observado na Figura 6. Quanto mais ramificada for a rede mais eficiente será o sistema de drenagem (STRAHLER, 1957, BERTONI E LOMBARDI NETO, 2008).

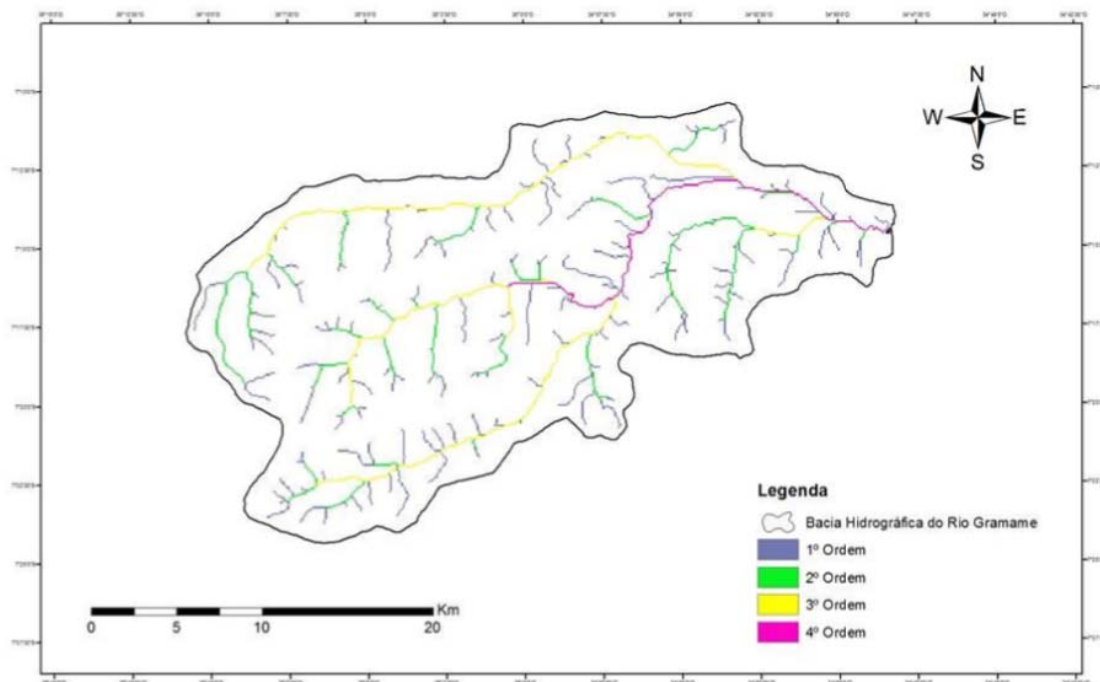


Figura 6 - Ordem dos cursos d'água da BHRG. Fonte: Dados trabalhados pelos autores.

CONCLUSÃO

A análise de dados e interpretação dos resultados permitiu concluir que em relação a Silva et al. (2012) os valores morfométricos encontrados diferem do presente trabalho no comprimento de drenagem (477,75 km), comprimento do rio principal (39,98 km), fator de forma (0,25), sinuosidade da drenagem (1,49), ordem dos cursos d'água (5º) e densidade de drenagem (0,81 km/km²). A diferença dos resultados não alterou as interpretações, uma vez que foram muito pequenas. Em relação à ordem dos cursos d'água, a diferença deve-se ao grau de ramificação escolhido para este trabalho. Todas as demais características são iguais.

Desse modo, pode-se concluir que a base de dados utilizada, o software utilizado e a habilidade dos usuários na consistência dos dados geográficos influenciam nos resultados obtidos. Sendo assim, percebe-se a importância de realizar um maior número de modelos e comparações, a fim de determinar com maior precisão as características da bacia.

Embora a caracterização morfométrica de bacias seja uma operação consagrada na literatura científica, somente os valores dos índices não podem ser adotados como tomada de decisão em análises hidrológicas, sendo necessário utilizar outras variáveis que influenciam nos resultados, como tipo de solo, uso e ocupação, entre outras.

REFERÊNCIAS

ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B., AYRES, F. M. Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas Utilizando Dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 46-57, 2010.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2008.

BONFIM, E. O.; GADELHA, C. L. M.; FIGUEIRA, H. J. A.; AMORIM, J. F.; AMORIM, D. S. Sustentabilidade hidroambiental de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame no Estado da Paraíba, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 3, 2015.

CANABARRO, L.; TOLEDO, M. T.; BARRELLA, W. Peixes do Rio Piragibu - Mirim em Sorocaba/SP. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 1, p. 31-49, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa por Satélite. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/sesmarias/MAPA-SESMARIA-EMBRAPA-90-60.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2016.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. Comparison between hydrographically conditioned digital elevation models in the morphometric characterization of watersheds. *Engenharia Agrícola*, v.32, p. 932-943. 2012.

LUEDELING, E.; SIEBERT, S.; BUERKERT, A. Filling the voids in the SRTM elevation model -A TIN-based delta surface approach. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 62, p. 283-294, 2007.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios e aplicação**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536p.

RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; SOARES, J. V.; HODNETT, M. G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3469-3481, 2008.

SILVA NETO, A. F.; GUIMARÃES, L. C.; ARAÚJO, J. S.; ARAÚJO, J. S. Aplicação de geotecnologias para caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame-PB. **Pincipia**, n. 20, p. 31-37, 2012.

STRAHLER, A. N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. New Haven: Transactions: American Geophysical Union, 1957. v. 38. p. 913-920.