

## **Análise Espacial de Bacias Hidrográficas a partir de SIG: um estudo da Bacia Hidrográfica do Itapicuru – Bahia**

Marcos Paulo Souza Novais<sup>1</sup>

Universidade do Estado da Bahia, DCH – Campus IV  
Rua J.J. Seabra, s/nº - Estação CEP 44700-000/ Jacobina – Bahia  
mnovais@uneb.br/marpano@gmail.com

**Abstract:** The objective of this paper is to present a characterization of some morphometric parameters of Basin Itapicuru from GIS ArcGIS for Desktop 10.2.1 through project data SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). The EMBRAPA Satellite Monitoring project used as a primary source digital elevation models, with approximately 90 meters of spatial resolution. The DEMs were generated by radar interferometry. The original data were obtained in raster format, with radiometric resolution of 16 bits in HGT format, geographic projection, elevations referenced to the WGS84 EGM96 geoid and horizontal datum WGS 84 (MIRANDA, 2005). The completion of the processing of the SRTM data was divided into six stages, as follows: 1st - Mosaic (Mosaic), 2nd - Extract Mask (Extract by Mask) from the basin polygon, 3rd fill depressions (sinks fill); 4th flow direction (flow direction); 5 - accumulated flow (flow accumulation); 6 - delineation of fluvial hierarchy (Stream Order) drainage. The digital terrain model resulting from SRTM data, showed significant potential for use satisfactorily contributing information for environmental planning actions, even in the case of a medium-sized bowl. The use of GIS and SRTM data for spatial analysis of Itapicuru Basin contributed adequately to preliminary morphometric characterization, demonstrating its strength in managing water resources.

**Palavras-chave:** SIG – MNT – análise espacial de bacia, GIS, spatial analysis of basin

### **1 Introdução**

A utilização cada vez mais intensa da água e a interferência nos sistemas hidrográficos vêm repercutindo fortemente no seu equilíbrio dinâmico, com repercussão no sistema ambiental. Neste contexto, ganha relevância os estudos terrestres dos sistemas aquáticos, a partir da análise espacial de Bacias Hidrográficas, tendo este como o elemento fundamental para compreensão do ciclo hidrológico e sua dinâmica.

Segundo Tucci (2014, p.40) “A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório”. A bacia hidrográfica está estruturada em dois componentes: as superfícies de vertentes e da rede de drenagem, formada por cursos de água que confluem para um único leito.

A análise espacial de Bacias Hidrográficas compreende o entendimento do sistema físico desde a entrada e saída do volume de água, através da precipitação e escoamento superficial, intermediado pelos volumes evaporados, transpirados e infiltrados. Para entender a dinâmica desse sistema em sua totalidade a compreensão dos dados fisiográficos da Bacia Hidrográfica é imprescindível.

Sendo assim, a análise desse sistema natural em ambiente computacional (SIG) ampliaram a obtenção e análise de dados e informação, onde antes demandavam longos e caros levantamentos de campo e gabinete, na atualidade realizada de forma rápida e com maior nível de detalhes e precisão.

Fitz (2008, p,23) definiu SIG (Sistema de Informações Geográficas)

como um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar,

recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido.

O objetivo deste trabalho é apresentar a caracterização de alguns parâmetros morfométricos da Bacia Hidrográfica do Itapicuru, a partir SIG *ArcGIS for Desktop* 10.2.1, através dos dados do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Neste trabalho, utilizamos parâmetros baseados nas classes lineares, zonais e hipsométricos da bacia, através geração de resultados a partir dos seguintes atributos: hierarquia fluvial, densidade de drenagem (Dd), índice de circularidade (Ke), índice de compacidade (Kc) e índice de rugosidade (Ct).

### 1.1 Caracterização da Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Itapicuru é totalmente baiana, localiza-se entre as coordenadas 10° 00' e 12° 00' de latitude sul e 37° 30' e 40° 45' de longitude oeste. Possui uma forma alongada no sentido oeste-leste, com cerca de 350 Km de extensão e 130 Km de largura, estreitando-se continuamente para leste a partir do meridiano 38° 30', e até a desembocadura no oceano Atlântico, no município de Conde (figura 1).

A Bacia integra a rede hidrográfica do estado, seu uso está relacionado ao abastecimento, irrigação, pesca e lazer. Engloba 55 municípios, constitui-se em uma das maiores bacias hidrográficas do Brasil com rios de domínio inteiramente estadual, sua população é 1,3 milhões, 7, 57% do Estado da Bahia (INEMA, 2014).

A Bacia do Itapicuru possui mais de 90% localizada no Polígono das Secas, sob o domínio do clima semiárido, convivendo com problemas de baixa pluviosidade, com repercussões econômicas e socioambientais.

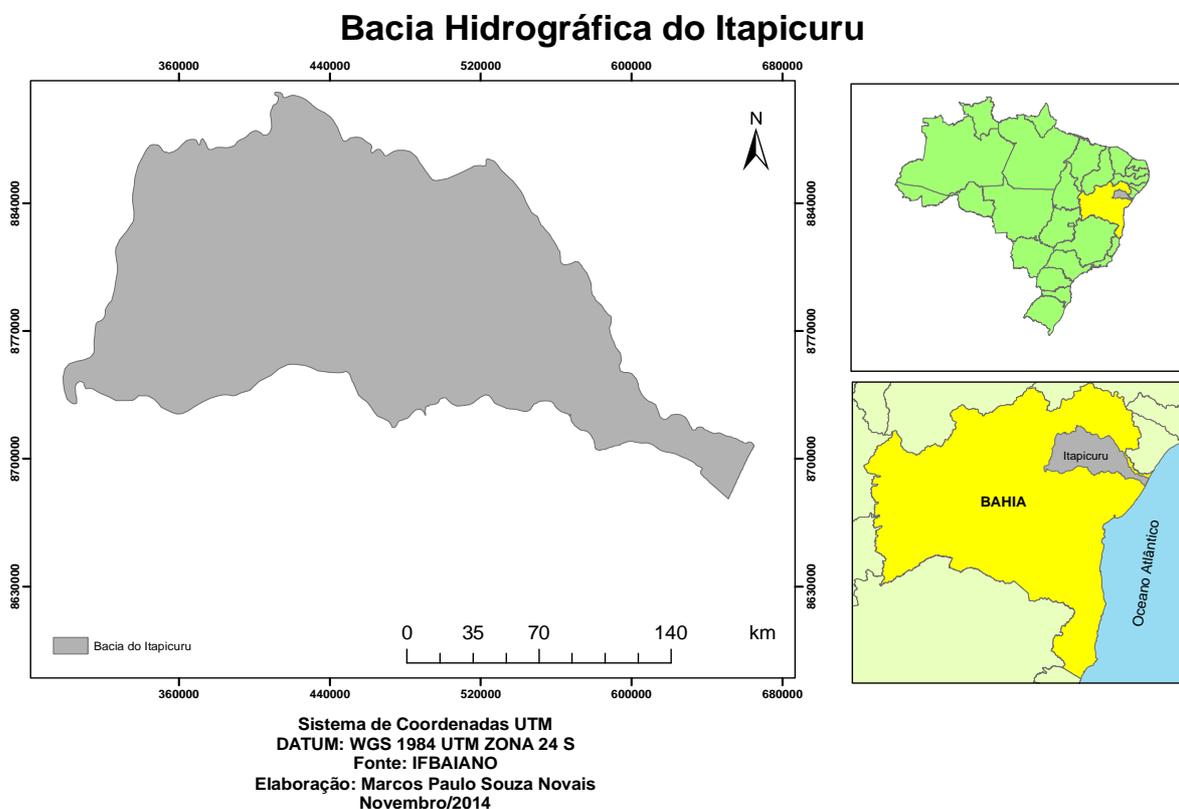


Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Itapicuru.

## 2 Materiais de Trabalho

Os dados SRTM foram obtidos junto ao projeto EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) Monitoramento por Satélite, que disponibilizou informações sobre o relevo do território nacional.

O projeto EMBRAPA Monitoramento por Satélite utilizou como fonte primária os modelos digitais de elevação, com aproximadamente 90 metros de resolução espacial. Os MDEs foram gerados por interferometria de radar. Os dados originais foram obtidos em formato raster, com resolução radiométrica de 16 bits, em formato HGT, projeção geográfica, elevações referenciadas para o geóide WGS84 EGM96 e datum horizontal WGS 84 (MIRANDA, 2005). A realização do processamento dos dados SRTM foi dividido em seis etapas, sendo: 1º – Mosaico (*Mosaic*), 2º - Extração de Máscara (*Extract by Mask*), a partir do polígono da bacia, 3º preenchimento de depressões (*fill sinks*); 4º direção de fluxo (*flow direction*); 5º - fluxo acumulado (*flow accumulation*); 6º - delimitação da hierarquia fluvial (*Stream Order*) da drenagem.

A primeira etapa do processamento foi a composição dos MNTs da bacia do Itapicuru, adquirindo as seguintes cartas compatível com a escala 1: 250.000: sc – 24 – V – D; sc – 24 – Y – D; sc – 24 – Y – C; sc – 24 – Y – B; sc – 24 – Y – D; sc – 24 – Z – A; sc – 24 – Z – D; sc – 24 – Z – C, onde posteriormente utilizamos o comando *Mosaic* para juntar das imagens. Após realização dessa etapa, a partir do *shapefile* do Limite da Bacia do Itapicuru, adquirido junto ao Instituto Federal Baiano da cidade de Senhor do Bonfim/Ba, foi realizado o corte dessa imagem raster com o comando *Extract by Mask*, dando prosseguimento a elaboração de outros mapas. Os MNT e/ou MDT gerados a partir de dados do SRTM pode apresentar falhas, depressões no relevo. As depressões são consideradas erros por padrão, pois são morfologias raras no relevo real, entretanto comuns no interpolador devido aos erros sistêmico do processo (figura 2).

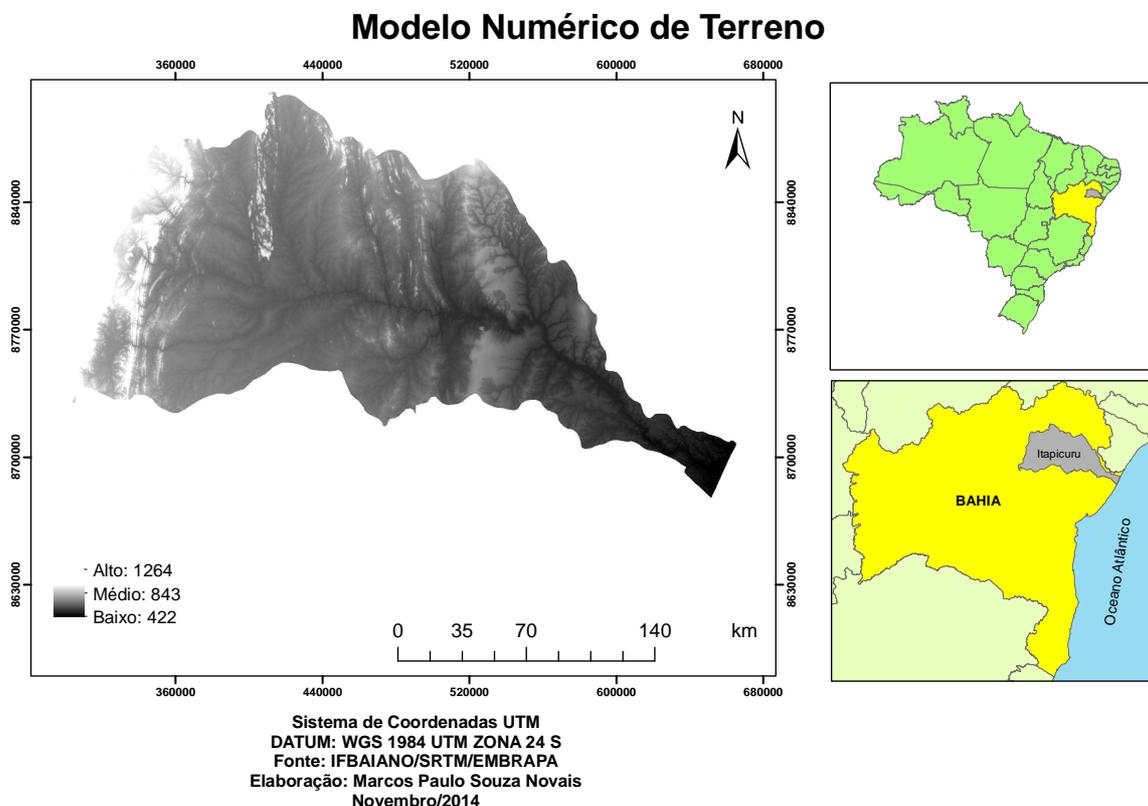


Figura 2 – MNT com tratamento dos dados pela função *fill*.

Essas depressões influenciam diretamente nas análises de escoamento superficial na bacia hidrográfica, por funcionar como uma armadilha que atrai o escoamento superficial. De acordo Luedeling et.al., (2007) *apud* Souza et. al (2013) nos dados SRTM a presença de irregularidades naturais no relevo, sendo mais frequentes em áreas cuja inclinação da superfície seja maior que 20 graus, devido ao sombreamento ocasionado pelo radar. Para correção dessas falhas utilizamos *Fill Sinks* (preencher), através do *ArcToolbox / Ferramentas do Spatial Analyst/Hidrology/Fill Sinks*. Esta função permite correções no MNT/MDE, de modo que esta considera as altitudes dos pixels vizinhos para preencher os “*sinks*”, suavizando a consistência no mapa do MNT/MDE (figura 3).

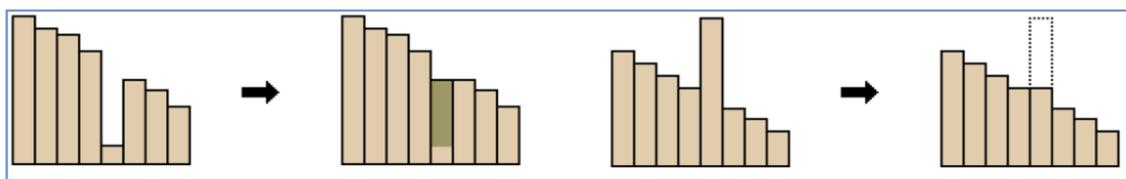


Figura 3 – Exemplo sistêmico da ferramenta *Fill Sinks* – à esquerda removendo um *sink* (depressões) e à direita um *peak* (elevações abruptas)  
 Fonte: SIG *ArcGIS for Desktop* 10.2.1

Após essas correções, iniciamos a análise do escoamento superficial a parti da definição da direção do fluxo (figura 4)., bem como o cálculo do acumulo do fluxo, utilizando as ferramentas *flow direction* e *flow accumulation*.

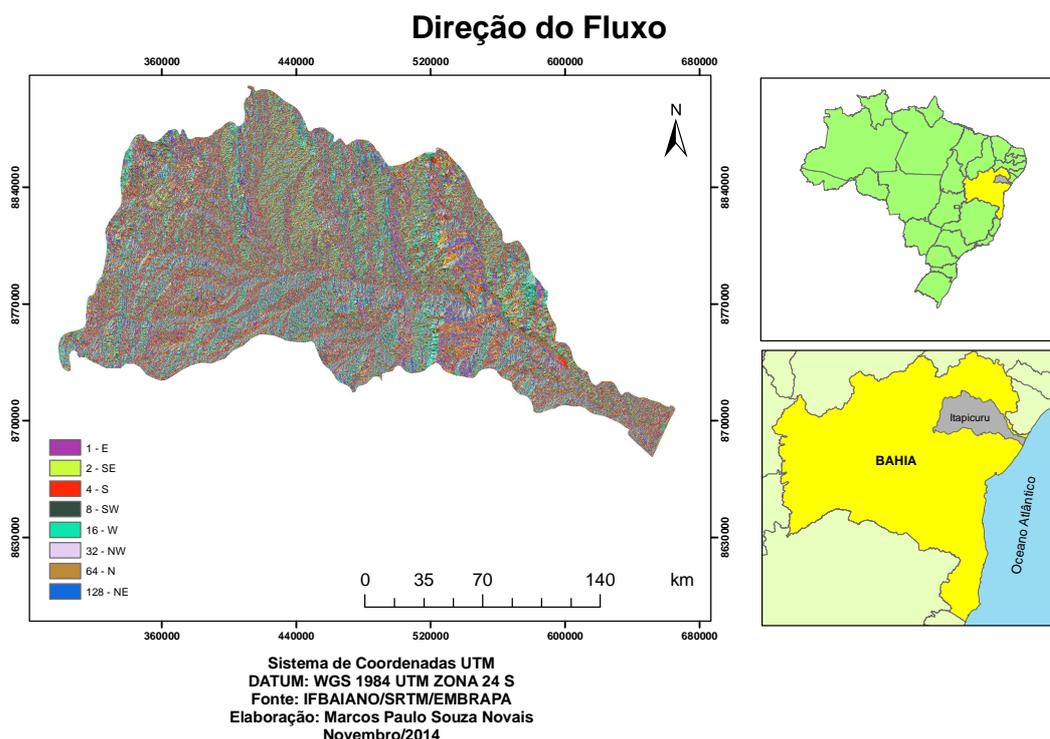
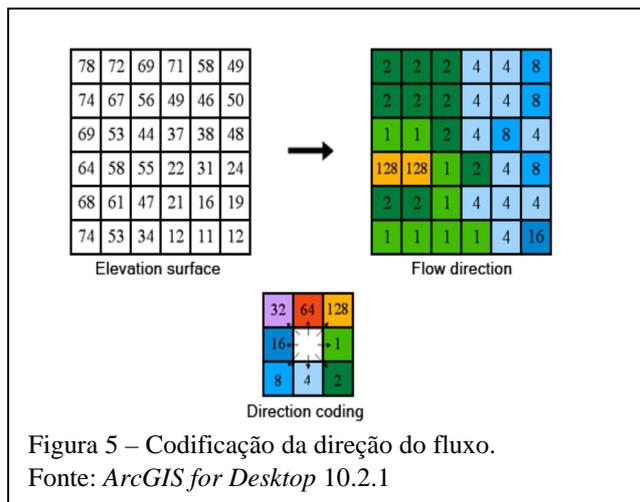


Figura 4 – Mapa de direção de fluxo.

A direção de fluxo está relacionada com variedade de pontos dentro de uma bacia hidrográfica e a várias relações hidrológicas estabelecidas entre esses pontos.

Para Rennó et. al., (2008) *apud* Souza et. al., (2013) a sequencia para as direções de fluxo é expressa pelas variáveis topológicas indispensáveis para que uma drenagem funcional possa existir, havendo a necessidade de um elemento principal do canal que represente um ponto de convergência, o que significa que deve ter dois ou mais caminhos de fluxos convergentes



(curvatura horizontal). Também o perfil do canal dever ser côncavo, com potencial menor para mudar de elevação do que a média dos elementos localizados para cima dele (curvatura vertical)

A definição da direção do fluxo dar-se-á pela determinação da direção da maior declividade do terreno, onde cada célula (pixel) seguirá seu vizinho mais íngreme, a partir da aplicação do código de direção (figura 5).

O cálculo do acúmulo do escoamento superficial é baseado na grade regular de direção do fluxo, através da soma da área das células (quantidade de células) na direção do fluxo (ou escoamento), ou seja, uma célula com valor 28 indica que 28 outras células contribuem para o seu fluxo superficial (figura 6). As células com um elevado fluxo de acumulação são áreas de fluxo concentrado e pode ser usado para identificar os canais de transmissão (figura 7).

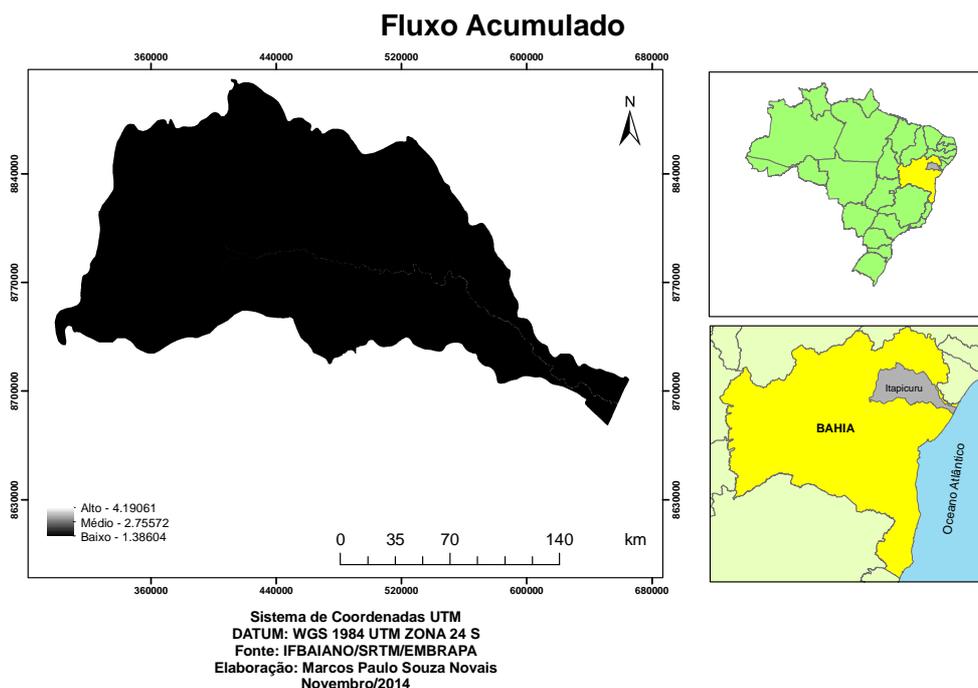
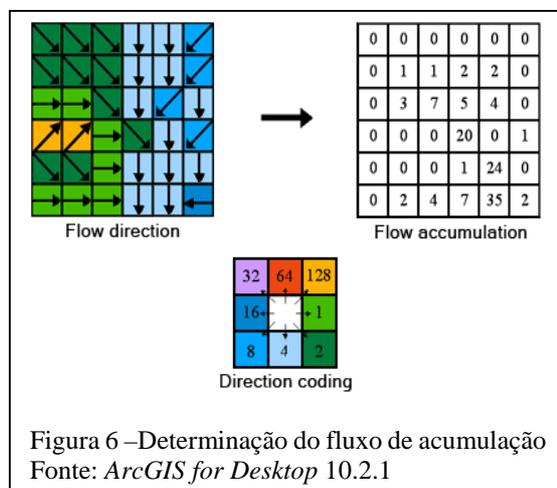


Figura 7 – Mapa de fluxo de acumulado.

A delimitação da rede de drenagem e consequentemente da ordem hierárquica de uma bacia hidrográfica (figura 8) é de grande relevância para análise espacial de bacia. Há alguns métodos para inferir o traçado das drenagens a partir de um MNT, inclusive se drenagem possui fluxo permanente ou intermitente. Para este trabalho utilizamos a *set null* (definir nulo) .

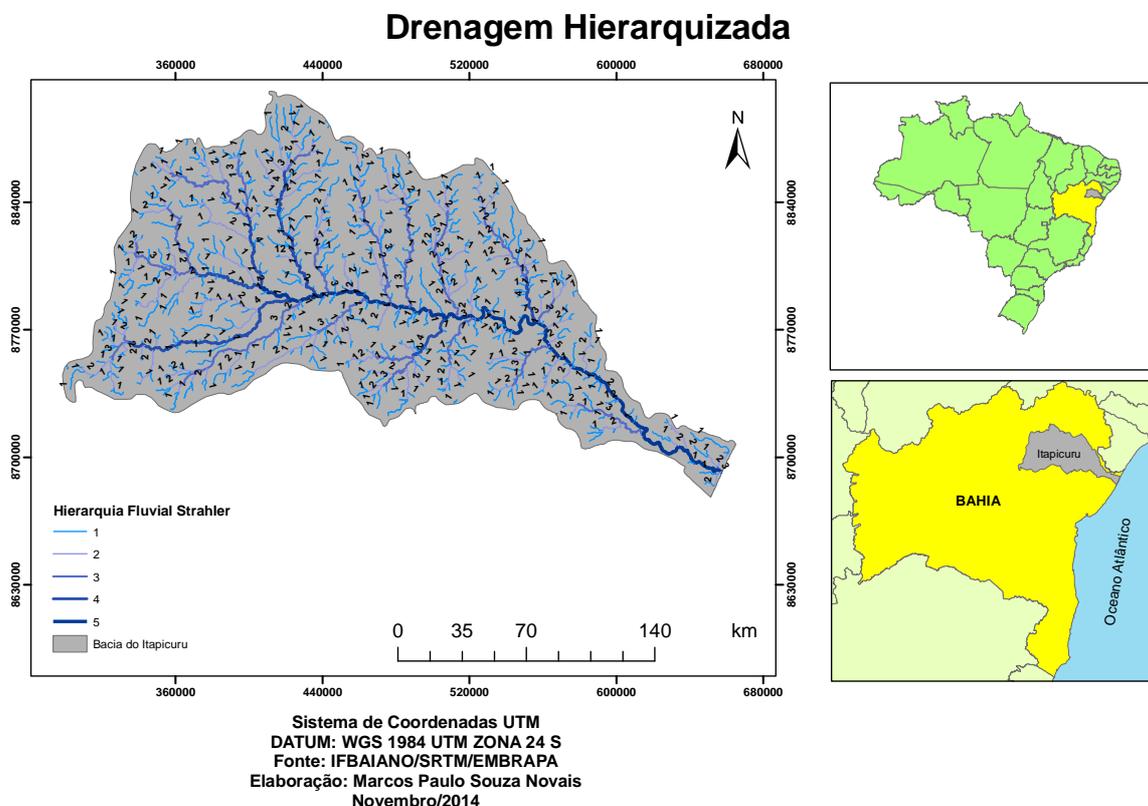


Figura 8 – Mapa da Drenagem Hierarquizada.

Estipulamos uma condição aos valores das células de uma camada de entrada. Se a condição for satisfeita, a célula tem o valor anulado. Caso contrário, o valor da célula pode ser modificado para uma constante ou o valor da célula de outra camada matricial, neste trabalho o valor que apresentou melhor resultado foi a expressão “*value*” < 2000.

Após gerar a rede de drenagem, estabelecemos a ordenação desses trechos, onde é estabelecida pela ordem que corresponde ao canal principal da rede drenagem e os seus diversos afluentes. São diversas propostas para hierarquização de uma rede de drenagem, neste trabalho foi utilizada a proposta do Arthur N. Strahler (1952), na qual os canais menores que não recebem tributários são considerados de 1ª ordem; a confluência de dois canais de 1ª ordem configura um canal de 2ª ordem, a confluência de dois canais de 2ª ordem configura um canal de 3ª ordem que pode receber afluentes de 1ª e 2ª ordens; a confluência de dois canais de 3ª ordem configura um canal de 4ª ordem que pode receber tributários das três ordens inferiores a ele e, assim, sucessivamente, até alcançar a ordem do canal principal da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980). Após obtenção desses resultados por meio dos dados SRTM, extraímos algumas características geométricas da bacia, a partir de parâmetros indicadores risco da rede de drenagem.

A Densidade de drenagem ( $Dd$ ) a partir da relação entre comprimento total ( $Lt$ ) dos canais fluviais e área ( $A$ ).

O índice de circularidade ( $Ic$ ) ou forma da bacia onde relacionamos a área ( $A$ ) de um círculo cuja circunferência mediria a mesma dimensão que o perímetro da bacia ( $Ac$ ), ele expressa a susceptibilidade as cheias quando se aproxima do valor 1.

O índice de compacidade ( $K_c$ ) é a relação do perímetro da bacia hidrográfica e um círculo de igual área da bacia. Quando o índice se aproxima de 1, a bacia tende ao formato circular, o que indica maior propensão a cheias, ou seja, com baixo período de concentração de fluxo superficial. Quanto mais alongada a bacia, o valor deste índice aumenta.

### 3 Resultados e Discussão

A figura 5 a apresenta a rede drenagem extraída, juntamente com o limite da bacia do Itapicuru, geradas a partir dos dados SRTM.

Os resultados da caracterização geométrica da Bacia do Itapicuru se encontram apresentados na Tabela 1

Tabela 1 – Resultados obtidos da caracterização geométrica da Bacia Hidrográfica

Características Físicas	SRTM
Área de drenagem (Km <sup>2</sup> )	36.166,53
Perímetro (Km)	1.135,97
Densidade de Drenagem (Dd)	0,18
Índice de Circularidade (Ic)	0,35
Índice de Compacidade (Kc)	1,67

A Bacia do Itapicuru pode ser classificada como de baixa susceptibilidade a enchentes em condições normais de precipitação, podemos constatar pelo seu formato alongado, como também em virtude de ter constatado o valor de compacidade ( $K_c = 1,67$ ) apresentar-se afastado da unidade referência 1, como também o índice circularidade ( $I_c = 0,35$ ) exibir valor baixo, com menor possibilidade risco de enchente, embora o nível de vazão alta seja mais durável.

A Densidade de drenagem da bacia é variável potencialmente significativa, pois apresenta relação com clima, vegetação e litologia, além da relação direta com escoamento e transporte sedimentar da bacia. Para Bacia do Itapicuru consideramos o índice de Densidade de Drenagem ( $Dd = 0,18$ ), muito relacionado com as condições climáticas da área bacia, caracterizado por baixa pluviosidade.

### 4 Conclusão

A análise espacial de bacias a partir do suporte das ferramentas SIG e a facilidade no acesso gratuito de dados de sensores remotos (SRTM), possibilita ao pesquisador empreender diversos trabalhos, superando diverso empecilhos principalmente relacionado ao financiamento.

O uso do software permitiu a caracterização de alguns parâmetros relacionados a geomorfologia fluvial de forma rápida e eficiente, dinamizando e agilizando a tomada de decisão sobre questões relacionadas a temática ambiental.

O Modelo Numérico do Terreno resultante dos dados SRTM, apresentaram significativo potencial de uso, contribuindo satisfatoriamente com informações para as ações de planejamento ambiental, mesmo em se tratando de uma bacia de médio porte.

O uso do SIG e dos dados SRTM para análise espacial da Bacia do Itapicuru contribuiu adequadamente para caracterização morfométrica preliminar, demonstrando sua força na gestão dos recursos hídricos.

## **Agradecimentos**

Meus sinceros agradecimentos ao professor André Luiz Nascente Coelho do Programa de Mestrado e Doutorado em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, pelo apoio e orientação.

## **Referências Bibliográficas**

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Geomorfologia. – São Paulo: Blucher, 1980.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. Inc. ARCGIS Professional GIS for the desktop, version 10.2.1 Software, 2010.

FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicação. – São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

INEMA. Comitê da Bacia Hidrográfica do Itapicuru. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-itapicuru/>. Acesso em 6 nov.2014.

MIRANDA, E.E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 6 nov.2014.

SOUZA, Carlos Henrique Wachholz. et.al. Delimitação automática da microbacia hidrográfica do Rio das Lontras, através de dados SRTM. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

TUCCI, Carlos E.M.(Org.). Hidrologia – Ciência e Aplicação. – 4<sup>a</sup>.ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2014.