

# Delimitação de sub-bacias a partir do uso de imagem SRTM/NASA: um estudo da Bacia do Rio Jacuípe-BA

Tatiane Sátiro Gomes<sup>1</sup>  
Jocimara Souza Britto Lobão<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS  
BR 116, Km 03, Avenida Universitária, CEP: 44031-460, Feira de Santana, Bahia, Brasil  
thatty.str@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS  
BR 116, Km 03, Avenida Universitária, CEP: 44031-460, Feira de Santana, Bahia, Brasil  
juci.lobao@gmail.com

**Abstract.** To consider the hidrografic basin as unit of study has been commonly utilized. Like this, far from being constituted in a simple natural demarcation, it acquires a central importance in the environmental analysis, permitting to identify and evaluate the processes and the interactions that in occur on it, possessing a strategic character in the planning of use of the natural resources. The objective of this work was to analyze criteria for the sub-basins demarcation of Jacuípe river, located at Bahia State, utilizing Geoprocessing techniques, formulating a Geographic Information System (GIS) that can be of great utility in the execution of intervention instruments in this space. Many are the known and utilized methods for demarcation of hidrografic basins, however, aren't everybody that are shown adequate for demarcation of certain basins. In this context, was tried to develop a proposal considering the diagnosis of the geoenviromental aspects observed in the analysis of products generated from an image of SRTM: as altimetry, slope, aspect, drainage network, accumulation of flows and the river hierarchy, that together with pre-existing vectorial data of geology, soils, geomorfology, vegetation, hydrography and precipitation composed the GIS that subsidized this study. So, waas obtained as final product 29 sub-basins for Jacuípe river, observing the variables: i) confluence with the main river, ii) length of the sub-basins' main river and iii) area of the generated sub-basin with potentials for future studies, since it fits in a context of relevant character due to the possibility of present integrated solutions.

**Palavras-chave:** hidrografic basin, geoprocessing, digital model terrain, bacias hidrográficas, geoprocessamento, modelo digital de terreno.

## 1 INTRODUÇÃO

Os cursos d'água têm um papel fundamental na trajetória humana, principalmente no processo de ocupação territorial. No Brasil a Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 estabelece em seus fundamentos que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

De acordo com Pires et al (2005), esta unidade de análise tem tido cada vez maior abrangência não apenas nos aspectos hidrológicos, mas também naqueles referentes aos pontos de vista biológico e ambiental. Considerar a bacia hidrográfica como unidade de estudo e atuação é um critério comumente utilizado, pois estas constituem um sistema natural aberto. Por isso, configura-se, como um dos principais sistemas de gestão e planejamento dos elementos naturais e, conseqüentemente, sociais. Neste sentido, longe de se constituir numa simples delimitação natural, ela adquire uma importância central para análise ambiental, permitindo não apenas identificar e avaliar os processos, mas também as interações que nela ocorrem, possuindo, um caráter estratégico no planejamento de uso dos recursos naturais.

Embora o conceito de bacia hidrográfica seja discutido por vários autores a exemplo de Villela e Matos (1975), Christofolletti (1980; 1999), Bigarella e Suguio (1990), Mota (1995), Cunha e Guerra (2000), de forma generalizada, pode-se dizer que uma bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre de captação natural de água, definida topograficamente e drenada por um sistema interconectado de canais fluviais desde as nascentes até o ponto de

saída da bacia (exutório). É importante salientar que tal conceito abrange todos os espaços de armazenamento, de circulação e saídas de água e do material dissolvido ou em suspensão por ela transportada (RODRIGUES e ADAMI, 2005).

O objetivo deste trabalho foi analisar critérios possíveis de serem adotados para se delimitar as sub-bacias da Bacia do Jacuípe utilizando as técnicas de Geoprocessamento, formulando, assim, uma base digital em formato SIG que pode ser de grande utilidade na execução de instrumentos de intervenções neste espaço.

Existem diversos métodos conhecidos e utilizados para delimitar bacias hidrográficas. Um destes, bastante discutido atualmente, e realizado em âmbito nacional, as ottobacias, foi formulado pelo engenheiro Otto Pfafstetter, em 1989, (TEIXEIRA et al, 2007) e é adotado por diversos órgãos, como a Agência Nacional da Água (ANA) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conforme Galvão e Meneses (2005), este processo de delimitação consiste em subdividir uma bacia hidrográfica a partir da identificação dos quatro maiores afluentes do rio principal considerando a área de suas bacias. Estas (bacias) são numeradas com os algarismos pares (2, 4, 6, e 8), no sentido de jusante para montante do fluxo do rio principal, enquanto que os demais tributários são agrupados nas áreas restantes (interbacias), recebendo algarismos ímpares (1, 3, 5, 7 e 9), dispostos também no sentido jusante-montante.

A principal vantagem das ottobacias é a conectividade da rede hidrográfica por meio de um código, pois o critério permite a hierarquização de bacias hidrográficas, definindo a posição relativa e o ordenamento entre as bacias (áreas drenadas pelos tributários) e interbacias (área que recebe fluxo de água de bacias a montante). Isso possibilita a adequada utilização em sistemas de gerenciamento dos recursos hídricos e estudos de simulações de diversos tipos de intervenções na rede hidrográfica ou na área de drenagem de uma bacia hidrográfica. No entanto, por resultar em bacias detalhadas por níveis, definido pela extensão da área drenada este critério perde seu enfoque integrador, já que não considera a bacia como um sistema aberto que tendo a precipitação como input e os demais processos como a evapotranspiração, fluxos induzidos, e as transferências interbacias respondem como output.

Outra forma de se delimitar sub-bacias é seguir as linhas de cristas das elevações circundantes da seção do curso d'água em estudo, associando-se à hierarquia de drenagem. Assim, cada sub-bacia mantém, entre os seus principais componentes (por exemplo: solo, água, vegetação), permanente dinâmica e interação, numa relação sistêmica, na qual os recursos hídricos constituem-se como um dos principais indicadores das características ambientais.

Com base neste critério, e reconhecendo as limitações dos métodos manuais devido à carga de subjetividade inerente a eles, tem sido comum a utilização de dados em formato digital, principalmente a partir de Modelos Digitais de Terreno (MDT), que permitem métodos automáticos para delimitação de sub-bacias. No entanto, um MDT, por si só, pode não representar exatamente o mundo real, pois, os produtos gerados podem não ter uma qualidade digital adequada, induzindo a erros. Outro grande equívoco é permitir uma automatização sem considerar as especificidades de cada bacia. Portanto, deve-se ter cautela em sua utilização para delimitação automática de sub-bacias (TORRES et al, 2006).

A Bacia do Jacuípe localiza-se na porção central do Estado da Bahia (Figura 1). Sua área corresponde a 11.689 km<sup>2</sup>, cerca de 2% do território estadual. O Jacuípe é um rio perene, genuinamente baiano, que tem sua nascente no piemonte da Chapada Diamantina, especificamente no município de Morro do Chapéu, no Estado da Bahia. Recorta, em um percurso de aproximadamente 300 km, municípios como Anguera, Conceição do Coité, Feira de Santana, Morro do Chapéu, Santa Bárbara, São José do Jacuípe, Serrinha, Valente, dentre outros, para finalmente atingir o rio Paraguaçu do qual é o principal tributário de margem esquerda. A relevância do estudo desta sub-bacia está, além da contribuição para os estudos de bacias hidrográficas como unidade de integração, no fato de se localizar no semi-árido

baiano, uma região que necessita de estudos que possibilitem medidas específicas, considerando as particularidades climáticas local, de forma a superar os limites impostos pelas atuais condições naturais, políticas e econômicas.

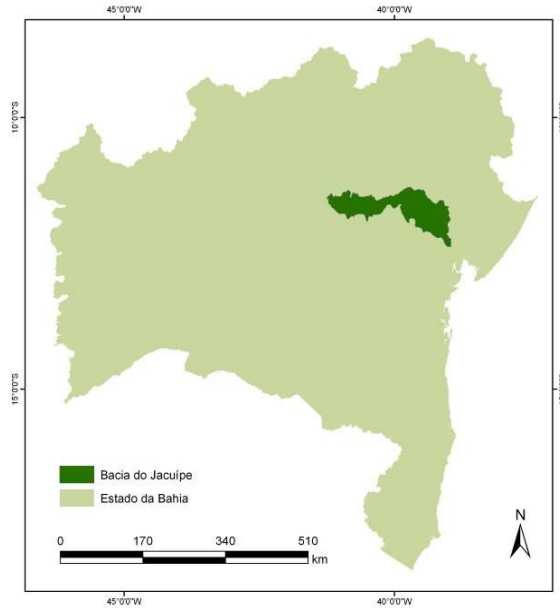


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo

## 2. METODOLOGIA DE TRABALHO

Para alcançar o objetivo proposto neste estudo, o mesmo foi dividido em quatro etapas principais, conforme visualizado no fluxograma metodológico (Figura 2).

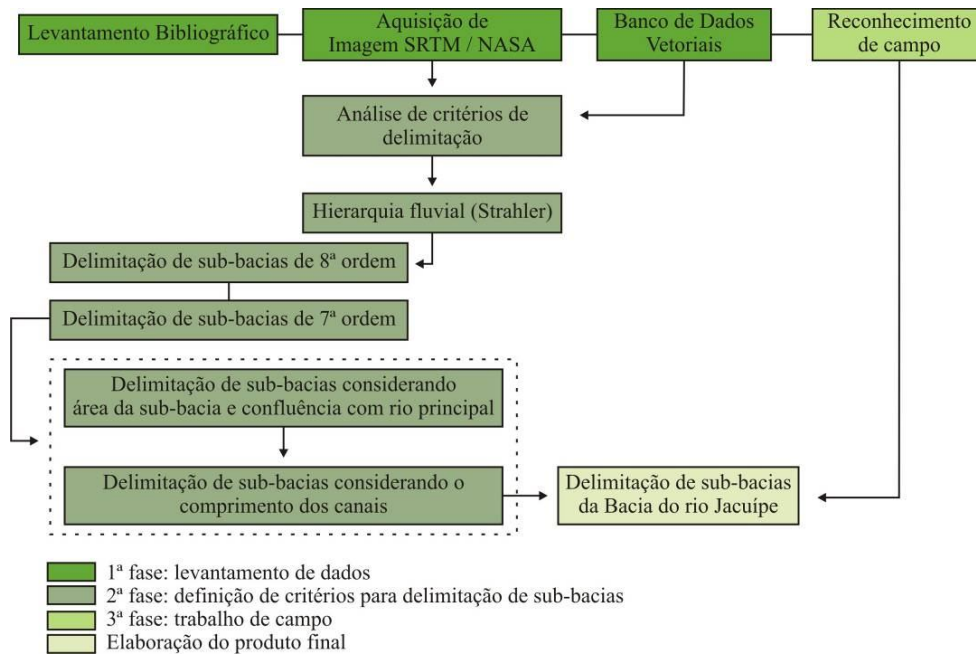


Figura 2: Fluxograma metodológico

A primeira etapa consistiu no levantamento bibliográfico, na aquisição do modelo digital do terreno (MDT) para a área compreendida entre as latitudes 11°16'18.41"S e 12°23'27.53"S e as longitudes 41°15'53.27"W e 38°56'13.11"W, com resolução espacial de 90m, obtido pela missão espacial SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), e que coletou informações sobre a altimetria do planeta em aproximadamente 80% das superfícies emergentes, bem como, no levantamento de dados vetoriais (tais como rede hidrográfica, geologia, geomorfologia) específico para a área.

A segunda etapa foi a definição dos critérios a serem utilizados para a delimitação. A partir do recorte do MDT gerou-se vários produtos, como altimetria, declividade, aspecto, rede de drenagem, acumulação de fluxos e a hierarquia de canais, que junto com dados pré-existentes de geologia, solos, geomorfologia, vegetação, hidrografia, isohietas compuseram o Sistema de Informação Geográfica que subsidiou este estudo. Os dados foram processados no *software Arcview*.

A terceira etapa que se intercala com as demais foi o reconhecimento de campo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O critério adotado pelas bacias, não foi utilizado neste estudo, por não considerar a bacia como uma unidade sistêmica, onde as relações entre seus elementos naturais não é o foco principal desta delimitação.

Assim, o primeiro critério adotado para a delimitação das sub-bacias do rio Jacuípe foi a hierarquia de drenagem, que consiste no processo de se estabelecer a classificação dos canais fluviais de uma bacia hidrográfica. Neste caso evidencia-se a organização natural por ordem dos canais de menor volume para os mais caudalosos, que vai, do alto para o baixo curso. Este critério é sistematizado por meio de métodos, como os de Horton, Strahler, Scheidegger e Shreve (Christofolletti, 1980).

Existem diversos sistemas, que visam explicar as complexas relações entre os canais e suas bacias hidrográficas. Um sistema muito utilizado é o proposto por Strahler (1952), no qual os primeiros rios sem tributários são ordenados como 1ª ordem, da nascente até sua confluência. O encontro de dois rios de 1ª ordem produz um rio de 2ª ordem que só recebe afluentes de 1ª ordem. A confluência de dois rios de 2ª ordem produz um de 3ª ordem que recebe afluentes de 1ª e 2ª ordem. E assim sucessivamente. A ordem dos rios não se modifica com chegada de um tributário de menor ordem (Christofolletti, 1980).

A análise realizada no MDT utilizado demonstrou não haver problemas com o mesmo como, por exemplo, a ausência de dados. Também não se considerou necessário a amostragem deste, por não necessitar de maior detalhamento em função da escala de trabalho.

A partir deste MDT foi possível extrair, dentre outros produtos, a rede de drenagem da região. A grande riqueza de detalhes dos produtos intermediários gerados a partir da imagem SRTM/NASA possibilitou classificar e identificar canais de até 10ª ordem para a bacia em estudo, considerando o método de Strahler (1952). A partir da extração automática da drenagem e sua classificação, selecionou-se para delimitação das sub-bacias os canais de 8ª ordem. Com este critério foram geradas dez sub-bacias, dentre as quais duas delas não interceptavam o rio Jacuípe e outras apresentavam áreas muito grandes chegando uma delas a atingir 3.190 km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente 28% de toda a bacia (figura 3).

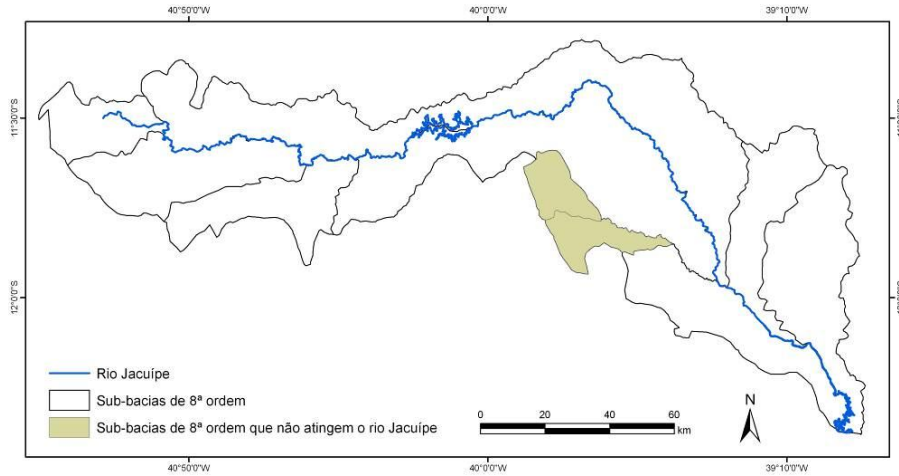


Figura 3: Sub-bacias de 8ª ordem

Neste sentido, visando uma nova delimitação, adotou-se os canais de 7ª ordem, gerando cinquenta sub-bacias. Mais uma vez, a delimitação não se tornou adequada, principalmente, porque resultou em sub-bacias com grandes áreas, chegando a medir, por exemplo, 507km<sup>2</sup>, localizadas no médio curso do rio Jacuípe, cujos canais de 7ª ordem eram pequenos rios intermitentes, característico da região semi-árida (Figura 4). Nesta classificação também existiam pequenas sub-bacias com áreas de até 50km<sup>2</sup>, conseqüentemente de difícil análise e gestão.

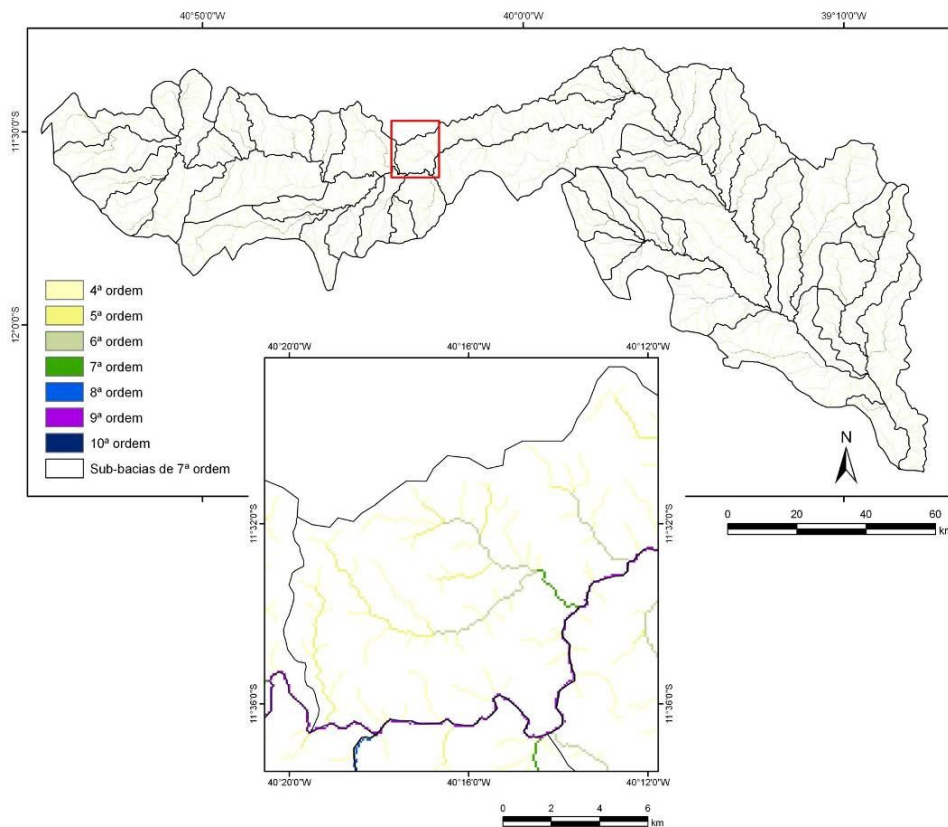


Figura 4: Exemplo de sub-bacias de 7ª ordem com canal de pequeno comprimento

Outro fator desfavorável neste critério de delimitação refere-se às quinze bacias delimitadas que não interceptavam com o rio Jacuípe (Figura 5).

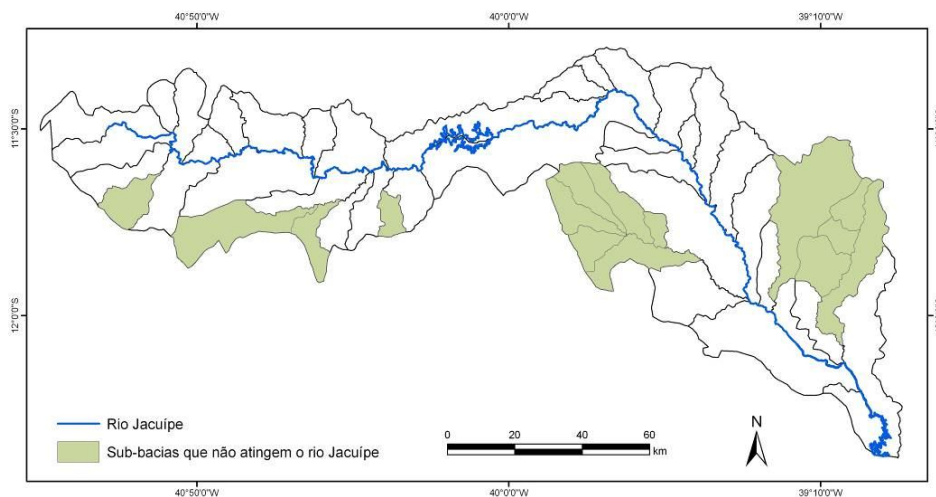


Figura 5: Sub-bacias de 7ª ordem que não atingem o rio Jacuípe.

Desta forma, levando em consideração a definição aqui proposta para bacia hidrográfica e diante do exposto percebeu-se que o critério de hierarquia de canais, proposto por Strahler, apesar de muito utilizado e de se mostrar adequado para a delimitação de diversas bacias hidrográficas, inclusive a do rio Paraguaçu, não se revelou apropriada para delimitação das sub-bacias do rio Jacuípe.

Assim, notou-se a necessidade de se estabelecer outros critérios para delimitar as sub-bacias do rio Jacuípe. Para isso foram consideradas as variáveis: i) confluência com o Jacuípe, ii) comprimento do rio principal das sub-bacias e iii) área da sub-bacia, no intuito de resolver os problemas até aqui relacionados.

Nesse contexto, buscou-se desenvolver uma proposta considerando o diagnóstico dos aspectos ambientais característicos observados a partir da análise de produtos também gerados a partir da imagem SRTM / NASA, a exemplo da hipsometria e declividade da área.

A primeira etapa consistiu em agregar as sub-bacias de 7ª ordem que não fizessem confluência direta com o rio Jacuípe, portanto, considerou-se que há sempre uma sub-bacia hidrográfica cujo exutório encontra-se junto ao rio Jacuípe.

A segunda etapa procurou minimizar o problema de grandes bacias geradas por pequenos canais de 7ª ordem, provavelmente cursos temporários, quando analisados os índices pluviométricos da área nas quais estavam localizados (inferiores a 700mm anuais).

Considerando-se o critério de área observou-se que a extensão territorial das sub-bacias, até então delimitadas, variavam de 57km<sup>2</sup> a 1.483km<sup>2</sup>. A partir de então definiu-se que as sub-bacias deveriam possuir área superior a 100km<sup>2</sup>, pois eram muito pequenas em relação às demais. Agregou-se, desta forma, quatro sub-bacias às suas bacias limítrofes.

Vale salientar que a variável área constantemente esteve presente nas análises citadas, de forma que o agrupamento se fez sempre observando as áreas de menor valor, evitando que houvesse sub-bacias extremamente grandes e outras bastante pequenas.

Considerando ainda o critério de comprimento drenagem identificou-se quatro sub-bacias cujo seus rios principais atingiam o comprimento entre 2.594m e 780m. Três delas foram agregadas a outras, entretanto, uma delas com área de 507km<sup>2</sup> e comprimento de rio principal de 708m foi mantida uma vez que sua área estava acima de 100km<sup>2</sup>.

Delimitou-se, como observado na Figura 6, vinte e nove sub-bacias para o rio Jacuípe. Esta nova delimitação eliminou os problemas apresentados com a delimitação a partir da

proposta de Strahler, fazendo destas sub-bacias áreas com potencialidades para estudos futuros, uma vez que se enquadra em um contexto de caráter relevante devido possibilidade de apresentar soluções integradas, ultrapassando a esfera da divisão político-administrativa, decorrentes de uma concepção global e abrangente de gestão e planejamento.

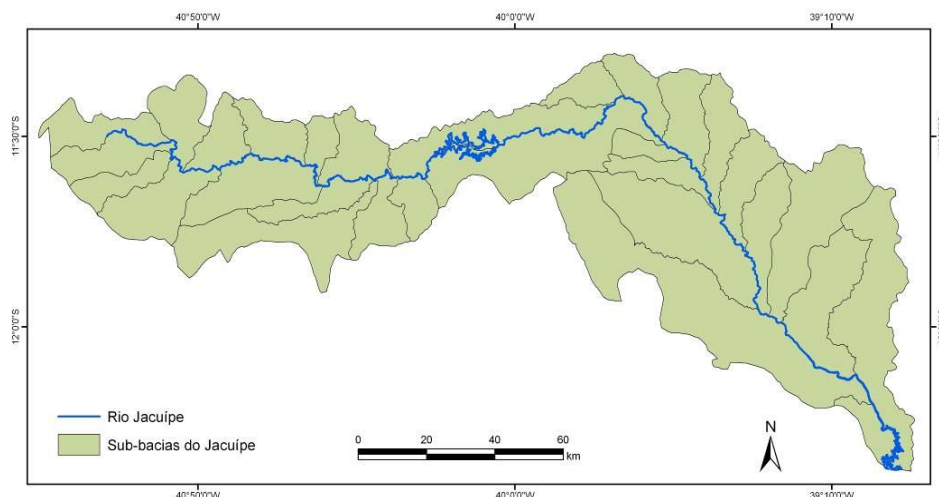


Figura 6: Delimitação proposta das sub-bacias do rio Jacuípe

#### 4. CONCLUSÕES

Nos últimos anos, a possível escassez dos recursos hídricos está assumindo uma importância crescente dentro do quadro das discussões dos problemas ambientais. Esta questão vem influenciando na atenção dada ao assunto gerando, com isto, grandes transformações no que se refere às formas de gestão deste recurso.

Neste cenário surge a necessidade de que as políticas públicas busquem soluções integradas, dentro de uma concepção mais abrangente da realidade do espaço geográfico, que ultrapasse a esfera da divisão político-administrativa.

Por isso, a utilização de bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão e planejamento, tem sido comumente utilizada, devido, principalmente, à unicidade verificada na abordagem sistêmica, dada pela interação entre os elementos naturais e sociais constituintes de uma bacia hidrográfica.

No entanto, vale ressaltar que a importância da delimitação de bacias hidrográficas recai principalmente na questão do direcionamento do estudo proposto e, ainda, de sua escala de trabalho, necessitando muitas vezes de adaptações no que se refere aos critérios de delimitação definidos na literatura.

Contudo, devido à complexidade de uma unidade geoambiental, como no caso de uma bacia hidrográfica, nenhum critério possível de delimitação será capaz e suficiente para abarcar toda a sua especificidade. A Bacia do Jacuípe é um exemplo deste caráter particular natural, uma vez que a partir dos mesmos critérios propostos poderíamos apresentar resultados variados, a exemplo, de um maior número de sub-bacias delimitadas através da confluência com o rio Jacuípe. Outra possibilidade de delimitação seria considerar a dinâmica dos rios permanentes e temporários, procurando atentar para a garantia da disponibilidade hídrica em todas as sub-bacias delimitadas.

No desenvolvimento deste estudo o uso das Geotecnologias se destacou como ferramenta de análise do espaço geográfico. As informações derivadas do MDT permitiram, a partir do seu rigor de dados, representar de forma adequada as feições do modelado topográfico, as linhas de cumes e os talwegues, caracterizando, assim, de forma mais fiel possível o terreno,

bem como representou a hierarquia de drenagem da área adotada para estudo com grande riqueza de detalhes. Assim, associado ao fato de ser gratuito, o MDT tornou-se significativo na sua exploração em um ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

### **Referências**

- BRASIL. **Lei nº 9.433 / 1997**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm)>. Acesso em: 18 de julho de 2008.
- BIGARELLA, João José; SUGUIO, Kinitiro. **Ambiente Fluvial**. 2 ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1990.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1980.
- \_\_\_\_\_. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1999.
- CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira. Degradação Ambiental. In: \_\_\_\_\_ (orgs). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- GALVÃO, Wougran Soares; MENESES, Paulo Roberto. **Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 de abril de 2005, INPE, pp. 2511-2518.
- GONÇALVES, José A. **Avaliação da potencialidade do MDT-SRTM para análise geográfica e produção cartográfica**. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia. Maputo, 2008. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/clme/2008/PROCEEDINGS/PDF/31R016.pdf>>. Acesso: 22 de outubro de 2008.
- MOTA, Suetônio. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.
- MOREIRA, Maria Luiza Osório. **SIG – Informações sobre Recursos Hídricos do Estado de Goiás**. III Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste. Goiânia, 2004.
- PIRES, José Salatiel Rodrigues (et al). A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. (org). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2005.
- RODRIGUES, Cleide; ADAMI, Samuel. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, Luis Antonio Bittar (org). **Praticando a geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- TEIXEIRA, Alexandre de Amorim (et al). **Topologia Hídrica: uma proposta para gestão de recursos hídricos utilizando sistema de informações geográficas**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, 2007.
- TORRES, Thais Gisele (et al). **Utilização dos dados SRTM na geração dos limites da bacia hidrográfica do rio Formoso (Bonito, MS)**. Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2006, p.145-154.
- VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.