

Geotecnologias para a caracterização morfométrica de bacia hidrográfica

Dr. Augusto Francisco da Silva Neto¹

Dr. Carlos Lamarque Guimarães¹

Jacqueline Sobral de Araújo^{1,2}

Janaína Sobral de Araújo²

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB
Tel.: (83)9913-0513 (Augusto)/(83)9982-3714 (Lamarque)/(83)8888-2420 (Jacqueline)
afsilvaneto@gmail.com, lamarquepb@gmail.com, jacqueline.sobral.araujo@gmail.com

² Universidade Federal da Paraíba-UFPB
Telefone: (83)8888-2624
janaraujob@hotmail.com

Abstract. According to the current concerns of society related on water resources, it is necessary efficient measures for optimization of water use. To assist studies on hydrographic basins, the morphometric characterization of it is one of the crucial points for further hydrographic examination on these resources. This study aims to extract the physical characteristics of the river basin Gramame-PB, through the use of algorithms and technologies GIS. The data used in the study were: altimetric - SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), available on the site of EMBRAPA - Brazilian Agricultural Research shapefiles and data from official related to boundaries and drainage basin of the river Gramame-PB, extracted from the AESA website - *Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba*. The data processing were performed using the software ArcGIS 9.3. The results obtained were: the morphometric parameters (area, perimeter, shape factor, compactness index, index of circularity, sinuous drainage, type of drainage and drainage density) and maps of elevation and slope of the basin. From the analysis of these data was classified in the large basin, and predominantly mild relief being less susceptible to erosion (relative to the situation of the terrain), elongated basin shape, less susceptible to floods, moderate drainage and drainage of order 5. It will hope that these studies will assist the better management of the watershed.

Palavras-chave: hydrology, SRTM, geoprocessing techniques, management; hidrologia, SRTM, geoprocessamento, gerenciamento.

1. Introdução

Atualmente, o uso desordenado dos recursos naturais tem preocupado a sociedade de modo geral. Dentre estes recursos a água tem grande importância para a permanência da vida na Terra. Com isso, faz-se necessária uma atenção especial com o monitoramento deste bem altamente relevante.

No Brasil, a gestão de recursos hídricos deveria ser realizada, segundo a Lei 9433, de forma integrada, participativa e descentralizada com base na unidade de planejamento da bacia hidrográfica, através de comitês, que são eleitos democraticamente pelos vários usuários da água, tornando-se mais eficiente o planejamento e a aplicação de ações para o uso eficiente da água numa determinada bacia.

Para gerenciamento de recursos naturais, entre estes os recursos hídricos, as imagens orbitais são fontes de dados extremamente importantes. Entre os dados orbitais que podem ser muito utilizados para o trabalho em bacias hidrográficas, estão os dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Esses dados são exemplos de imagens obtidas através de satélites e são procedentes de levantamentos realizados pela NASA e outros organismos internacionais, que abrangem mais de 80% do globo terrestre. Referem-se aos dados de altimetria, cujos locais onde as informações espaciais são escassas, os mesmos têm auxiliado em estudos do relevo e recursos hídricos.

O Datum e o elipsóide de referência do SRTM são WGS 84 (*World Geodetic System 1984*), com dados de altitude (h) em metros (SILVA, 2009 *apud* HALL *et al*, 2005 *apud*

PINHEIRO, 2006). Cabe citar que com a resolução espacial de 90m, o uso do MDE - SRTM é mais indicado em escala de 1/250.000 ou menor. Até agora, é evidenciado que a utilização dos modelos SRTM é preferível para áreas com características de baixa declividade (SILVA, 2009 *apud* PINHEIRO, 2006).

As tecnologias de Geoprocessamento, em constante desenvolvimento, tem se mostrado uma ferramenta eficiente de auxílio à gestão pública e de estudos hídricos. As imagens de satélite e arquivos digitais em diferentes formatos, entre os quais o shapefile, são fontes de dados indispensáveis, permitindo menor custo e redução de tempo em trabalhos de campo para estudos de recursos hídricos.

Atualmente existem vários softwares disponíveis para o tratamento das informações espaciais e para a aplicação das técnicas de geoprocessamento, tanto gratuitos como comerciais. Entre os mais conhecidos e poderosos, está o ArcGIS, que possibilita a extração de dados do terreno de modo manual ou automático para análises mais específicas em relação às bacias hidrográficas.

Uma definição ampla e universal aborda o SIG como sendo um sistema integrado para capturar, armazenar, manipular, analisar e exibir informações referentes às relações de natureza geográfica (Rezende, 2002 *apud* Goodchild, 1985). Um SIG tem a capacidade de processar dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), com ferramentas de análise espacial e modelagem de superfícies (Collischonn, 2000).

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é o ponto de partida para estudos referentes à dinâmica ambiental da mesma, possibilitando o melhor gerenciamento e aproveitamento de seus recursos naturais.

Segundo Villela e Mattos (1975), as características físicas de uma bacia são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico devido à estreita relação entre o ciclo hidrológico e esses elementos. A partir do conhecimento desses dados da bacia, é possível inferir, indiretamente, valores hidrológicos para locais onde são escassas informações hidrológicas.

A proposta do presente trabalho é obter as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Gramame-PB, através do uso de algoritmos associados às tecnologias de geoprocessamento, utilizando imagens SRTM, adquiridos da EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, e dados digitais oficiais do estado da Paraíba, referentes à delimitação e drenagem da mencionada bacia.

2. Material e métodos

Esta pesquisa possui um caráter descritivo da bacia do rio gramame, está fundamentada na interpretação de seus dados numéricos. Os dados gerados por esta pesquisa aplicada serão utilizados para gestão e solução de seus problemas específicos,

Os dados morfométricos da bacia foram extraídos através do uso de tecnologias de Geoprocessamento, aliadas a fórmulas matemáticas, Também foi gerado o mapa de ordem de drenagem dos rios e o modelo numérico de terreno para obter mapas de hipsometria e declividade.

2.1. Dados geográficos

Foram utilizados dados provenientes da Missão SRTM, disponibilizados no site da EMBRAPA, projeto Brasil em Relevo, na seção Monitoramento por Satélite, na url: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/pb/pb.htm>, através da carta SB-25-Y-C.

Os dados inseridos na carta SB-25-Y-C, por serem tridimensionais, apresentam coordenadas planimétricas e a elevação ou altitude.

Características da carta SB-25-Y-C:

- Formato: GEOTIFF (16 bits)

- Resolução Espacial: 90 m
- Unidade de Altitude: metros
- Sistema de Coordenadas Geográficas
- Datum: WGS-84
- Articulação compatível com a escala 1: 250.000.

Além destes dados, também foram utilizados os shapes dos limites e rios da Bacia do Rio Gramame e do açude Gramame-Mamuaba, disponibilizados pelo GeoPortal no site da AESA na url: <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>

As características dos dados no formato *shapefile* são: Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum: SAD-69

2.2. Retângulo envolvente

A partir da carta SB-25-Y-C, foi feito um recorte da área de estudo, tomando como base os dados referentes aos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame oficiais.

2.3. Programas computacionais

As características computacionais necessárias para a realização deste trabalho são: Intel® Pentium® Dual CPU, T2390 @ 1,86 GHz, 782MHz, 2GB de RAM.

Os procedimentos, os quais serão descritos mais adiante, foram executados no Sistema Operacional Windows XP onde foi instalado o software ArcGIS versão 9.3.

O software ArcGIS 9.3, segundo a ESRI, sua empresa criadora, é um sig que pode exibir informações, ler e tabular informações espaciais provenientes de uma variedade de formatos de dados, acessar bancos de dados externos, elaborar mapas temáticos, realizar consultas espaciais e informação espacial em contato com atributos de banco de dados que fornecem várias ferramentas de análise e permite um alto grau de personalização.

Para melhor visualização, a Figura 1 representa um esquema das etapas desenvolvidas para obtenção dos resultados.

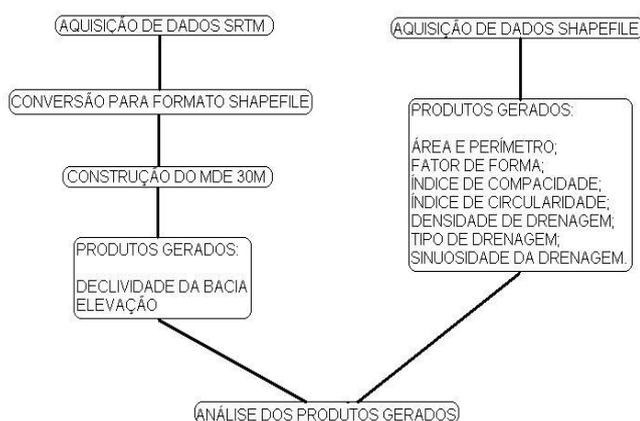


Figura 1- Representação esquemática das etapas desenvolvidas.

3. Resultados e discussão

3.1. Extração das características físicas da bacia do rio Gramame

3.1.1. Área e perímetro

Para obtenção da área e perímetro referente à bacia do rio Gramame, utilizou-se o shape oficial dos limites da bacia disponibilizado no GeoPortal no site da AESA, na url: <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>.

Para visualização dos dados, com a utilização do ArcGIS, fez-se uma consulta na tabela de atributos pertencentes ao shape. Os dados de área e perímetro são, respectivamente, 588591124,95 m² ou 588,6 km² e 123233,71 m ou 123,23 km.

3.1.2. Fator de forma

Para calcular o fator de forma, primeiramente, determina-se o comprimento axial da bacia. Sendo obtido através da aplicação do uso de ferramentas de edição do ArcGIS no shape de drenagem oficial da bacia do rio Gramame.

O fator de forma (F_F) determina-se através da seguinte equação:

$$F_F = A/L^2 \quad (1)$$

Onde,

A=Área

L= Comprimento Axial

Calculando, temos:

$$F_F = 588,6/(47,75)^2$$

$$F_F = 588,6/2280,0625$$

$$F_F = 0,2581$$

3.1.3. Índice de compacidade

Para calcular o índice de compacidade precisa-se de dois dados, o perímetro e a área, obtidos anteriormente através do shape de delimitação da bacia. O índice de compacidade (K_c) determina-se através da seguinte equação:

$$K_c = (0,28 \cdot P) / \sqrt{A} \quad (2)$$

Onde,

P = perímetro

A = área

Calculando, temos:

$$K_c = (0,28 \cdot 123,23) / \sqrt{588,6}$$

$$K_c = 34,5044 / 24,2610$$

$$K_c = 1,4222$$

3.1.4. Índice de circularidade

Assim como o índice de compacidade, para gerar o índice de circularidade precisa-se do perímetro e da área da bacia. O índice de circularidade (IC) determina-se através da seguinte equação:

$$IC = (12,57 \cdot A) / P^2 \quad (3)$$

Onde,

P= perímetro

A= área

Calculando, temos:

$$IC = (12,57 \cdot 588,6) / (123,23)^2$$

$$IC = 7398,702 / 15185,6329$$

$$IC = 0,4872$$

3.1.5. Densidade de drenagem

Para determinar a densidade de drenagem da bacia, faz-se uma consulta no shape de drenagem da AESA, somam-se todos os comprimentos de cursos d'água e divide-se o total pela área da bacia, de acordo com a fórmula abaixo:

$$D_d = L/A \quad (4)$$

Onde:

L = comprimento total dos rios
 A = área da bacia
 Calculando, temos:
 $D_d = 477,45/588,6$
 $D_d = 0,81 \text{ Km/Km}^2$

3.1.6. Tipo de rede de drenagem

Na classificação da rede de drenagem foram necessários os dados vetoriais da drenagem da bacia. Utilizando o shape de drenagem (AESA), aplicou-se a ferramenta para geração de mapas temáticos do ArcGIS, considerando os dados de ordem já presentes na tabela de atributos do shape, possibilitando a obtenção do mapa de ordem dos rios, conforme mostra a Figura 22. A partir do mapa, foi possível visualizar os rios com suas respectivas classificações quanto a ordem e determinou-se a bacia como sendo de ordem 5.

3.1.7. Sinuosidade de drenagem

Para obter a sinuosidade de drenagem, primeiramente foi determinado o comprimento total do rio principal da bacia e a distância entre os pontos extremos do rio (comprimento do talvegue). Estes podem ser extraídos através da utilização de ferramentas de medição do ArcGIS no shape da drenagem oficial da bacia e, posteriormente, aplicando-se a fórmula abaixo:

$$\text{Sin} = L_r/L_t \quad (5)$$

Onde:

L_r – Comprimento do rio principal, km

L_t – Comprimento do talvegue, km

Calculando, temos:

$$\text{Sin} = 39,98/26,73$$

$$\text{Sin} = 1,49$$

3.1.8. Elevação

O mapa de elevação pode ser gerado a partir da obtenção do Modelo Numérico de Terreno. Para isso, nos dados SRTM, utilizou-se a ferramenta *Interpolate to Raster* na extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS e o método de interpolação *spline*, demonstrado na Figura 2.

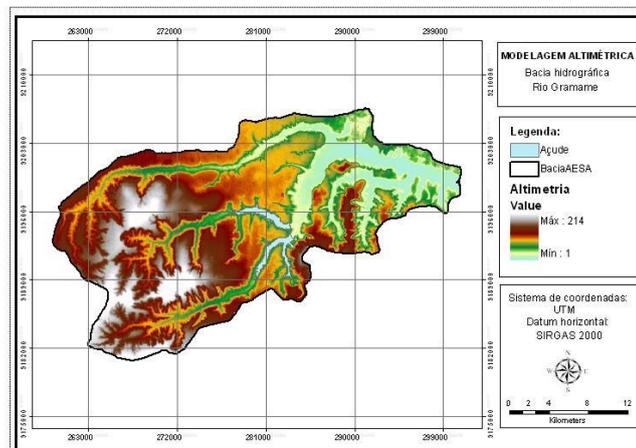


Figura 2- Mapa de altimetria da bacia do rio Gramame-PB.

Ainda, referente aos dados de altimetria, obteve-se ainda a curva hipsométrica (Figura 4). Esta foi construída criação de intervalos de 11 metros, indo de 0 a 220 m de altitude e, posteriormente, foi preenchida uma tabela no *Excel* que, de acordo com Villela e Mattos

Fator de Forma – F_F	0,2581
Índice de Compacidade - K_c	1,4222
Índice de Circularidade - IC	0,4872
Sinuosidade da Drenagem - Sin	1,49
Tipo de Drenagem (Ordem)	5
Densidade de Drenagem – D_d (Km/Km^2)	0,81

A área da bacia do rio Gramame, segundo Gadelha (2011) *apud* Wisler e Brater (1964), é considerada de grande porte, pois seu valor é superior a 26 km^2 .

Em relação à forma da bacia, são considerados o fator de forma, índice de compacidade e índice de circularidade, segundo os respectivos dados: 0,2581, 1,4222 e 0,48. Percebe-se que estes parâmetros distanciam-se do valor 1, indicando que a bacia não apresenta forma circular e devido ao valor do índice de compacidade ser superior a 1 ($IC=1,4222$), indica que a forma da bacia é alongada. Considerando que a bacia apresenta forma alongada, a mesma é menos suscetível a ocorrência de inundações e enchentes.

A sinuosidade apresentou valor de 1,49 representando baixa sinuosidade, considerando que o valor 1 representa sinuosidade nula.

Quanto à ordem da rede de drenagem, esta apresentou o valor máximo igual a 5, com alta ramificação dos cursos d'água. Foi observado também que 75,86 % da rede de drenagem apresentam rios de ordem 1 e 0,34 %, representado pelo rio Gramame, é de ordem 5, onde este pertence ao rio principal, captando toda água proveniente do escoamento superficial da área da bacia.

A densidade de drenagem foi de 0,81 Km/Km^2 , que de acordo com Villela e Matos (1975) pode ser classificada como densidade de drenagem moderada, visto que este valor está entre os valores de bacias pouco drenadas (0,5 Km/Km^2) e bacias bem drenadas (3,5 Km/Km^2 ou mais).

Os dados extraídos relativos à altitude foram: altitude média (81,77 m), altitude mediana (86,00 m), altitude mínima (1,00 m), altitude máxima (214,00) e amplitude (213,00 m), demonstrados pela curva hipsométrica (Figura 4). Estas informações, como dito anteriormente por Villela e Mattos (1975), influenciam na precipitação, nas perdas de água pela evaporação e transpiração, no escoamento superficial e na temperatura devido à altitude. Nas áreas onde ocorrem menores altitudes, a leste da bacia, provavelmente há maiores ocorrências de chuva devido à influência marítima e vice-versa. Também a partir desses dados pode-se dar maior auxílio referente à agricultura, visto a adaptação de algumas culturas devido à oferta de chuvas necessária ao desenvolvimento da mesma. Ainda, relativos a informações de elevação, percebeu-se que, segundo o Quadro 2, 23,60 % das altitudes estão entre as cotas 66 a 88 estando à média (81,77) e a mediana (86,00) entre estas cotas.

O mapa de declividade (Figura 5) foi gerado a partir de classes de relevo e destas o mapa apresentou as classes: suave (40,35%), suave-ondulado (33,36 %), ondulado (25,03 %) e forte ondulado (7,38 %). Os dados de declividade têm relação direta com os processos erosivos na bacia, por este motivo, é preciso estar atento a áreas que apresentam as maiores declividades. Estas, de acordo com o mapa, localizam-se nos contornos dos cursos d'água da bacia fazendo-se necessário o desenvolvimento de políticas públicas de preservação dessas áreas.

4. Considerações finais

O trabalho permitiu a extração de dados morfométricos da bacia do rio Gramame-PB bem como a geração da curva hipsométrica e dos mapas de ordem dos rios, altimetria e declividade do terreno, comprovando a viabilidade do uso de tecnologias de geoprocessamento para a geração de informações hidrológicas de uma bacia hidrográfica.

Os dados obtidos a partir do estudo realizado são de vital importância para a tomada de decisão em relação a toda e qualquer ação que for tomada na bacia. A partir dos dados morfométricos e dos mapas gerados é possível realizar estudos mais aprofundados das áreas de preservação e prováveis usos do solo, facilitando o processo de planejamento e gestão de recursos hídricos. É importante ressaltar a necessidade da utilização real de dados morfométricos para uma boa gestão de bacias, visto a relevância da água para a vida global.

As tecnologias de geoprocessamento mostraram-se alternativas viáveis, de baixo custo e menor tempo para a obtenção dos dados da bacia em relação aos métodos de levantamentos convencionais.

Referências

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 8 de janeiro de 1997.

COLLISCHONN, Walter. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos-HIP 23.** Disponível em: < www.galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/HIDP.../Geo%2001%20-%20Introdução.ppt >. Acesso em: Abril, 2010.

ESRI. **Site oficial do ESRI - Environmental Systems Research Institute.** Disponível em: <<http://www.esri.com>>. Acesso em: Jul. 2010.

GADELHA, Clara Tavares. **Utilização de Geotecnologias para Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude de Sumé-PB.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFET-PB. João Pessoa: 2011.

PARAÍBA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba-AESA. **Geo Portal AESA.** Disponível em:<<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>>. Acesso em: Agosto, 2012.

REZENDE, Juliano Flávio dos Reis. **Gestão de Informações utilizando a Tecnologia de Geoprocessamento para o Projeto Jaíba – Etapa II.** Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Belo Horizonte: 2002. 30p.

SILVA, Jussara Severo da. **Extração de Atributos Hidrológicos de Bacias Hidrográficas, Utilizando Software Livre.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB. Monografia (Curso Superior em Geoprocessamento). João Pessoa: 2009

VILLELA, Swami M.; MATTOS Arthur. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1975.245p.