

Extração de atributos hidrológicos de bacias hidrográficas, utilizando geotecnologias livres

Jussara Severo da Silva¹
Eugênio Pacelli Fernandes Leite²
Giselda Maria da Silva³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB
Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento, João Pessoa, PB, Av. 1º de Maio, 720,
Jaguaribe, 58015-430 - Joao Pessoa, PB - Brasil, e-mail: jussarasevero@yahoo.com.br

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB
Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento, João Pessoa, PB, Av. 1º de Maio, 720,
Jaguaribe, 58015-430 - Joao Pessoa, PB - Brasil, e-mail: eupaf@ifpb.edu.br

Geógrafa e Professora da EMEF Pascoal Massílio da Prefeitura Municipal de Bayeux, PB -
Brasil, e-mail: giseldasilva@yahoo.com.br

Abstract

Water is essential for life and for the social and economic development. The watershed, in Brazil, is the territorial unit to implement the National Policy on Water Resources (Law N° 9433/97). The present study selected the Mamanguape Watershed, which is located in the northeast site of the Paraíba State - Brazil. We used the SRTM data, derived from EMBRAPA, and the Geographic Resources Analysis Support System – GRASS, which is a free and open source GIS for the extraction of topographic attributes from DEM - digital elevation model. The steps developed were: import of data obtained from EMBRAPA (r.in.gdal), joints junction (r.mapcalc), Import and conversion of the vector data (v.to.rast), delimitation of the desktop rectangle (g.region), mask creation using GIS GRASS (r.mask), construction of the 90 meters digital elevation model (v.surf.rst), refinement of the 90m MDE to 30 m MDE (r.resamp.interp), three-dimensional visualization (NVIZ) and generation of products relating to the Mamanguape Watershed such as: Shaded Relief (r.shade.relief), shaded relief map rendered with 30 m DEM, Slope and Aspect (r.slope.aspect) and watershed analysis (r.watershed). Thus, the graphical representation of the watershed characteristics, obtained through the GRASS GIS modules, using data obtained from EMBRAPA, provided better understand on the Mamanguape Watershed identity. Based on this, the current results indicate the viability on application and use of SRTM data and the Open Source program, in this case the GIS GRASS.

Palavras-chave: remote sensing, digital elevation model, SIG GRASS, watershed, SRTM

1. Introdução

A coleta de informações relacionadas com o espaço geográfico, em uma bacia hidrográfica, constitui-se em importante segmento de atividades das sociedades e suas organizações técnicas e científicas, voltadas à gestão dos recursos hídricos.

De tal sorte, o conhecimento da fisiografia nas referidas unidades ambientais é uma condição básica à realização de um sem número de estudos de complexidade crescente, frente às possibilidades cada vez mais efetivas de utilização de recursos tecnológicos.

A concepção tem como suporte especial o uso de geotecnologias livres, dentre as quais encontram-se os SIG GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) e os dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que apresentam-se como recursos para a execução de estudos em bacias hidrográficas, sob os mais variados focos.

O presente trabalho teve como objetivo a obtenção de atributos hidrológicos da bacia hidrográfica do Rio Mamanguape, no estado da Paraíba, através da utilização de dados SRTM, processados no SIG GRASS.

2. Modelos Digitais de Elevação no estudo de bacias hidrográficas

Modelo Numérico de Terreno é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial, que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre (FELGUEIRAS, 1998 apud ROCHA, 2000). E o termo MDE resulta da tradução da expressão na língua inglesa *Digital Elevation Model* (DEM). Neste texto optou-se por utilizar o termo MDE.

E, de acordo com Felgueiras (2001), é muito comum, no ambiente de um SIG, a criação de estruturas de representação onde os valores do atributo são obtidos por procedimentos de interpolação a partir do conjunto de amostras. Em geral, a elaboração de modelo digital de elevação é executada pela interpolação espacial em ambientes SIG.

3. Extração de atributos topográficos em bacias hidrográficas a partir de MDE

Jenson e Domingue (1988) relatam a metodologia para a extração de estrutura topográfica, delineamento de bacias e indicação de caminhos do fluxo a partir de DEM. Onde a rede de drenagem é definida a partir da simulação do caminho preferencial de escoamento superficial da água sobre o MDE, ou seja, o método padrão D8 (Figura 1 de “a” até “c”).

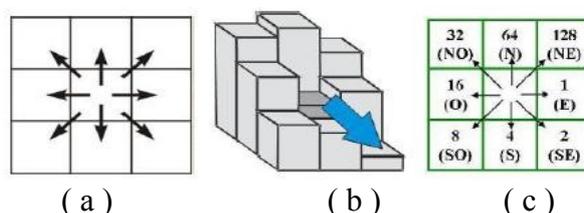


Figura 1 - As oito possíveis direções de escoamento, para cada uma das células do MDE (Chaves, 2002).

O método D8 (determinístico de oito células vizinhas) considera apenas uma das oito direções possíveis de escoamento para cada uma das células do MDE - norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste e noroeste.

Cada *pixel* drena para um dos seus 8 vizinhos (Figura 1a), e pode-se observar que o escoamento de um *pixel* segue para o seu vizinho com maior declividade (Figura 1b). Ao final, tem-se um arquivo *raster* onde cada *pixel* recebe um código que indica a direção de escoamento (Figura 1c). E na sequência o processo de extração da drenagem (figura 2).

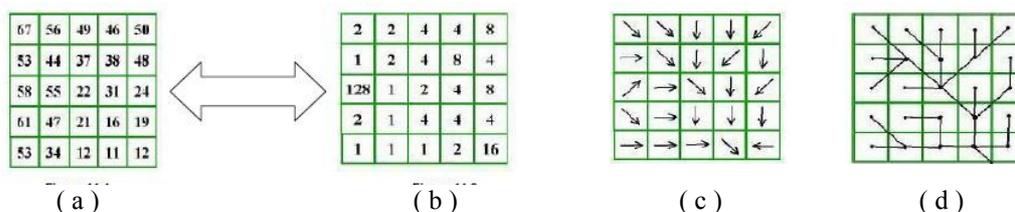


Figura 2 - Processo de extração da drenagem (Chaves, 2002).

Com os dados oriundos do MDE (Figura 2a) e a utilização do padrão D8 (Figura 2b), obtém-se a direção do escoamento superficial da água (Figura 2c), ou seja, a obtenção do plano de direção do fluxo (Figura 2d).

A metodologia para extração de atributos, além do padrão D8, também utiliza o algoritmo de busca A^* search (EHLSCHLAEGGER, 1989), conhecido como de “mínimo custo”. Este algoritmo organiza os dados de elevação e avalia a rede hidrológica.

4. O Software Livre SIG GRASS

Dentre vários programas *open source* existentes para Geoprocessamento, sobressai-se o SIG GRASS utilizado neste trabalho que é um software livre com licença GNU/GPL.

Segundo Leite, Silva e Gomes (2007) o SIG GRASS - Sistema de Suporte à Análise de Recursos Geográficos - GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) é um Sistema de Informação Geográfica - SIG com funcionalidades raster, topologia vetorial, processamento de imagens, visualização 3D e produção gráfica.

5. Metodologia

Neste trabalho, a extração dos atributos hidrológicos, ou seja, os produtos resultantes para a Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape, seguiu a metodologia apresentada por Jenson e Domingue (1988), onde a rede de drenagem é definida a partir da simulação do caminho preferencial de escoamento superficial da água sobre o MDE, ou seja, o método padrão D8.

5.1 Dados Geográficos SRTM EMBRAPA

Neste trabalho foram utilizados os dados do radar interferométrico de abertura sintética – InSAR, oriundos da Missão SRTM, disponível no site da EMBRAPA, projeto Brasil em Relevo, na seção Monitoramento por Satélite. E a equipe técnica da EMBRAPA fez um refinamento do modelo digital de elevação (MDE) da SRTM, com 3 segundos de arco (aproximadamente 90 metros de resolução espacial).

5.2 Retângulo Envolvente

O retângulo envolvente, ou seja, a área de estudo compreende uma Bacia Hidrográfica localizada no Nordeste do Brasil - a Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape, a qual está situada na porção nordeste do Estado da Paraíba.

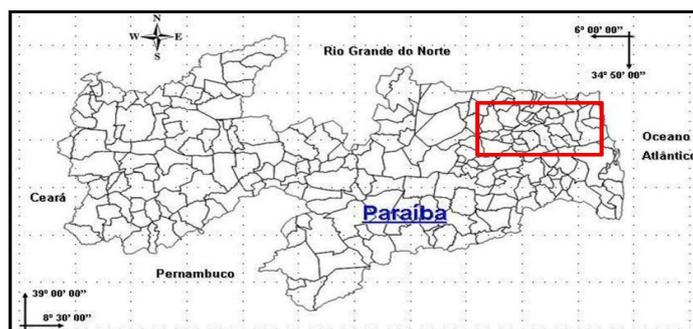


Figura 3 - Identificação da área de estudo.

A partir da obtenção dos dados da EMBRAPA e exportação para o SIG GRASS foram obtidos os resultados inerentes às etapas para análise da Bacia Hidrográfica, utilizando vários módulos, dentre os quais o *r.watershed*.

6. Resultados e Discussão

6.1 Importação dos dados da EMBRAPA para o SIG GRASS

A área de estudo está inserida nas articulações SB-24-Z-B; SB-24-Z-D; SB-25-Y-A; e, SB-25-Y-C (download do SRTM Paraíba oriundo da EMBRAPA), os quais originalmente, estão no formato “.HGT”. Foi utilizado o módulo *r.in.gdal* para importação de cada uma das quatro articulações, como dado de entrada (*input*) e utilizou-se o mesmo nome do arquivo para o dado de saída (*output*).

6.2 Junção das articulações no SIG GRASS

Após a importação de cada arquivo correspondente à articulação da área de estudo, foi feita a junção dos dados com o módulo *r.mapcalc*. A Figura 4 mostra a junção dos MDE_EMBRAPA, cuja origem é dos dados SRTM, com aspectos geomorfológicos da região, na qual está inserida a área de estudo.



Figura 4 - Junção dos MDE EMBRAPA-SRTM.

6.3 Construção do MDE 90 m e refinamento para MDE 30 m

Para obtenção do MDE 90 m, foi usado o algoritmo Spline com Tensão Regularizada, implementado no módulo *v.surf.rst* do SIG GRASS. E, para o alcance de melhores resultados, o MDE 90 m obtido inicialmente, foi submetido a um processo de refinamento de 90 m para 30 m de resolução espacial, com a utilização do Interpolador Bicúbico existente no módulo *r.resamp.interp*. O MDE 30 m de resolução espacial é apresentado na Figura 5.

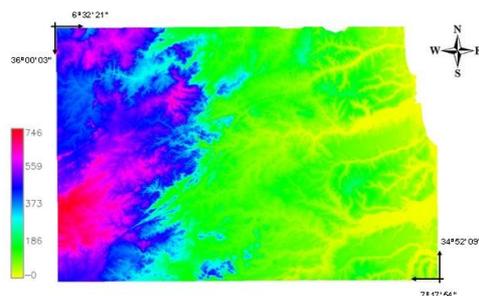


Figura 5 - Modelo Digital de Elevação na resolução espacial de 30 m.

Os maiores e menores valores de altitudes observados no MDE 30 m, foram respectivamente, 746 m e -0,080 m.

A visualização tridimensional do retângulo envolvente da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape, obtida no NVIZ está apresentada na Figura 6.

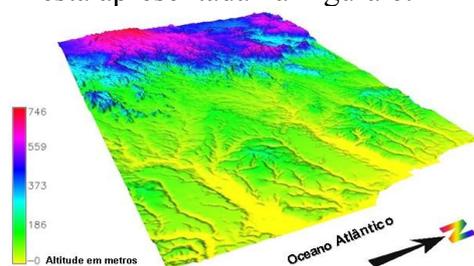


Figura 6 - Visualização tridimensional do retângulo envolvente da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape.

Onde já é possível observar as linhas de cumeadas e as conformações dessas direções, que materializam os vales existentes entre as elevações ou a rede de drenagem.

6.4 Análise da Bacia Hidrográfica

No SIG GRASS, o módulo *r.watershed* desenvolvido por Ehlschlaeger (1991) permite que apenas com o MDE 30 m, como dado de entrada (*input*), sejam obtidas outras variáveis para análise da Bacia Hidrográfica objeto deste estudo.

Foram gerados diversos arquivos de saída (*output*); todavia serão apresentados a seguir os seguintes resultados: os mapas de Capacidade de Escoamento (*drain*); Bacias (*basin*) e Fluxo de Escoamento (*stream*). Entre parênteses está a terminologia utilizada no SIG GRASS, para cada resultado obtido.

a) Mapa da capacidade de escoamento (*drain*)

O produto de Informação aqui gerado (figura 7) corresponde ao “aspecto” do fluxo para cada célula. Onde o valor absoluto negativo destas células indica a direção do fluxo.

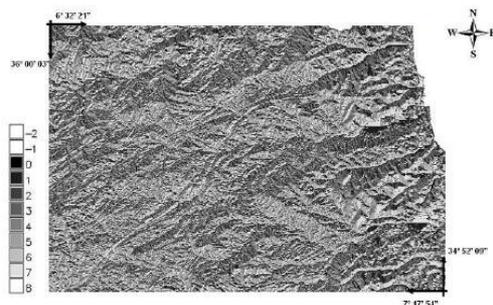


Figura 7 - Mapa da capacidade de escoamento em que valor 0 = área de depressão; valor negativo está fora dos limites região geográfica corrente e valor positivo indica a direção do fluxo, seguindo o padrão D8.

Este é o mapa de drenagem, ou seja, a capacidade de escoamento da drenagem e onde também estão realçadas as feições topográficas da área de estudo.

b) Mapa de bacia (basin)

A delimitação de cada bacia hidrográfica é feita no MDE 30 m, seguindo as linhas das cristas das elevações circundantes da seção do curso d'água em estudo. Cada bacia é assim, sob o ponto de vista topográfico, separada das bacias vizinhas restantes. A Figura 8 apresenta, delineada na cor branca, a área que contém inteiramente a bacia de estudo, ou seja, a Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape.



Figura 8 - Mapa de bacias.

Uma sub-bacia é simplesmente parte de uma hierarquia, significando que a mesma faz parte de uma bacia maior, onde são observadas a direção do fluxo e a contribuição das células para determinada área. E estas sub-bacias são delineadas a partir das junções existentes na rede de fluxo.

c) Mapa do Fluxo de Escoamento (stream)

No delineamento da rede de fluxo, as áreas de acumulação foram definidas pelo número mínimo de células contribuintes. O resultado obtido está apresentado na Figura 9, onde a cada segmento, o programa atribui uma cor, a qual está relacionada com as bacias resultantes do Mapa de Bacias.

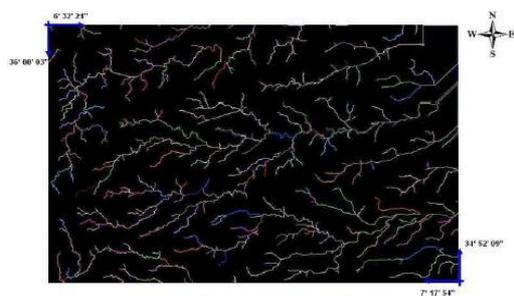


Figura 9 - Mapa do fluxo de escoamento.

E na Figura 10 pode ser visualizada toda a área da bacia com a sua drenagem principal.



Figura 10 - Área da BH com a drenagem principal.

Assim, foram identificadas as linhas de drenagem que seguem o padrão de escoamento característico da forma dendrítica.

Na Figura 11 está representado, o limite final da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape com as sub-bacias sobre o MDE 30 m (MDE de referência).

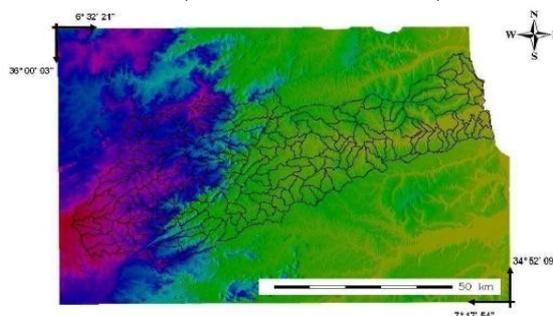


Figura 11 - Limite final da BH Mamanguape com as sub-bacias.

O limite final da bacia obedece a parâmetros topográficos, onde o algoritmo do SIG GRASS traça uma linha pelos pontos mais elevados do terreno, atravessando o curso d'água apenas no ponto de saída - seu exutório.

7. Conclusões

Os dados obtidos através da missão SRTM representam um ganho para a sociedade, tanto do ponto de vista científico como econômico. E o trabalho desenvolvido pela Equipe Técnica da EMBRAPA proporciona aos usuários dados já corrigidos, tratados, organizados e de grande utilidade para aqueles que necessitam de informações do Território Brasileiro.

Dessa forma, também se recomenda o uso dos dados SRTM para as áreas onde não existam informações em escala compatível para a análise ambiental e/ou planejamento urbano. Vale ressaltar que os dados SRTM estão disponíveis gratuitamente na WEB.

É trabalhosa e demorada a extração de parâmetros morfométricos em bacias hidrográficas, quando se faz uso de métodos analógicos ou até computacionais com a interação do usuário.

Atualmente, os recursos disponibilizados pelas Geotecnologias, possibilitam a obtenção de dados sobre os elementos e fenômenos existentes na estrutura das bacias, de forma mais rápida e com precisão.

O SIG GRASS é uma opção de software, que pela grande quantidade de módulos existentes no programa, atende aos requisitos daqueles que trabalham nesta área. Por ser um software *open source*, não apresenta nenhum custo para sua aquisição, o que representa uma alternativa para os Órgãos Públicos.

O Modelo Digital de Elevação obtido permitiu a caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape. Assim, todos os resultados obtidos têm como referência o MDE 30 m.

Entre os componentes da modelagem hidrológica assistida por SIG citam-se os dados provenientes da análise do terreno e da rede de drenagem.

A utilização do algoritmo de busca $A^Tsearch$ (EHLSCHLAEGGER, 1989), conhecido como de “mínimo custo”, organiza os dados de elevação e avalia a rede hidrológica, seguindo a inclinação do fluxo, a qual segue o método D8.

Todos os resultados obtidos com o módulo *r.watershed*, tendo como arquivos de saída (*output*) os mapas de Capacidade de Escoamento (*drain*); Bacias (*basin*) e Fluxo de Escoamento (*stream*), permitiram que fosse feita a análise da Bacia Hidrográfica.

Dessa forma, observa-se que a metodologia desenvolvida com base na utilização de métodos computacionais para o estudo de Bacias Hidrográficas, permite a obtenção de informações de forma mais rápida, eficiente e padronizada. Os resultados obtidos indicam a sua viabilidade de aplicação.

Referências

Chaves, M. A. Modelos Digitais de Elevação Hidrologicamente consistentes para a bacia Amazônica. Viçosa, UFV, 2002. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, 2002.

Ehlschlaeger, C. **The GRASS/Mathematical: Developing hydrologic models in geographic information systems interfaced with computer algebra systems.** USA:U.S. Army construction engineering research Lab,1991.

Ehlschlaeger, C. **Using the AT Search Algorithm to Develop Hydrologic Models from Digital Elevation Data.** Proceedings of International Geographic Information Systems (IGIS) Symposium 89, pp. 275-281. Disponível em: <<http://faculty.wiu.edu/CR-Ehlschlaeger2/older/IGIS/paper.html>>. Acesso em: Mai.2008.

Felgueiras, C. A. Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geoestatístico por indicação. São José dos Campos, INPE, 2001. Tese de Doutorado em Computação Aplicada, 1999. Disponível em: <<http://mtc-m05.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/2001/08.03.12.35/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: Mai.2009. INPE-8180-TDI/760.

GRASS. Site oficial do projeto **GRASS - Geographic Resource and Analysis Support System.** Disponível em: <<http://grass.itc.it>>. Acesso em: Dez. 2006.

Jenson, S.K.; Domingue, J. O. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.** Volume 54, Nº 11, November 1988, p. 1593 -1600. Disponível em: <<http://edna.usgs.gov/Edna/pubs/extractingtopographicstructure1.pdf>>. Acesso em: Jan.2009.

Leite, Eugênio P. Fernandes; SILVA, Jussara Severo; GOMES, Giseliene da Silva. Obtenção de Modelo Numérico do Terreno de alta resolução utilizando o Interpolador spline com tensão regularizada. **Anais II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica,** João Pessoa, Brasil, 23-30 novembro 2007, CONNEPI. CD-ROM.

Miranda, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br/>>. Acesso em: Jul.2007.

Rocha, C. H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar.** Juiz de Fora:Ed. do autor, 2000. 220 p.

Silva, Jussara Severo. Extração de atributos hidrológicos de bacias hidrográficas, utilizando software livre. João Pessoa, IFPB, 2009. Monografia do Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento, 2009.

Tucci, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Ed. da UFRGS/ABRH, 2002. 3ª ed.

Weltz, M. A. et al. Revised Universal Soil Loss Equation for Western Rangelands. In: **U.S.A./Mexico Symposium of Strategies for Classification and Management of Native Vegetation for Food Production in Arid Zones** (Tucson, AZ, 12-16 Oct. 1987). Disponível em: <http://grass.itc.it/gdp/html_grass63/r.watershed.html>. Acesso em: Mar.2009.