

## **APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS SIG NO ESTUDO DO COMPORTAMENTO FÍSICO HIDROLÓGICO, BACIA DO RIO SANTO ANTÔNIO, AFLUENTE DO RIO PARAGUAÇU - BA**

Victor Emanuel de Moura Sousa <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB – Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental - Cruz das Almas, Bahia ([v.m\\_moura@hotmail.com](mailto:v.m_moura@hotmail.com))

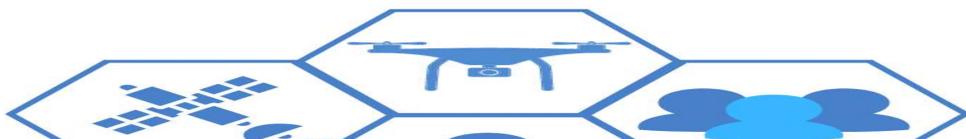
### **ABSTRACT**

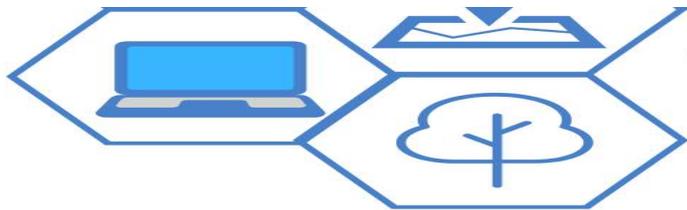
The advancement of criteria for the management of hydrographic regions brought the need to deepen the most diverse peculiarities of each region, which sometimes have different climatic and hydrological profiles in their most varied sections. In view of this impasse, becoming aware of the main sub-basins that make up a hydrographic region becomes crucial for its maintenance and balance, however, one of the difficulties of this process is the lack of data and information directly linked to the region of smaller interest, thus making this information viable with the use of material available for free access, a greater adequacy as the need for management, maintenance and use of the entire hydrographic basin. Based on this, it is possible to implement the use of GIS tools and free data for the construction of material on the affluent sub-basins of major rivers in the hydrographic region, providing more accurate information on environments that were previously linked to only its main basin, not absorbing the more varied characteristics that the system could present, in this way the work aimed at delimiting the hydrographic basin of the Santo Antônio river, a tributary of the Paraguaçu, and in the acquisition of physical hydrological parameters that would allow a discretization of the basin regarding rainfall responses, result indicated low drainage density and little contribution to flooding, ensuring the basin safety from extreme rains.

Keywords: Delimitation, hydrographic basin, extreme rains.

### **INTRODUÇÃO**

O contexto ao qual o rio Paraguaçu está incluído apresenta em suas delimitações fortes indícios a busca por uma melhor caracterização de suas possibilidades e limitações, frente ao seu vasto enfiletamento as tendências do mal uso de água e a rispidez fornecida por estar presente na região semiárida brasileira. Seus conflitos e importância motivaram sua citação constante no Diagnóstico da Gestão Ambiental nas unidades da federação do ano de 2001 (BRASIL, 2001). Fornecendo a bacia hidrográfica do rio





Paraguaçu a possibilidade de agir como área piloto para o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNMA II).

O plano diretor da bacia do rio Paraguaçu, para facilitar o desenvolvimento de projetos e pesquisas, dividiu a bacia hidrográfica em três regiões: Alto, Médio e Baixo Paraguaçu de modo que, o Alto Paraguaçu compreende a região de nascentes na qual o rio passa por clima tropical de altitude e onde está localizado a bacia do rio Santo Antônio.

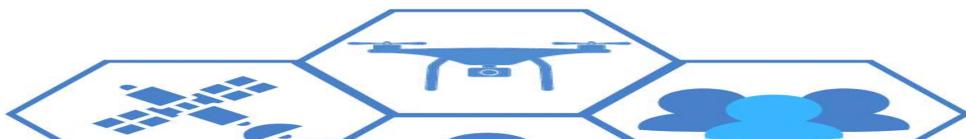
O relatório de 2000 do Programa de Monitoração da Qualidade das Águas Superficiais e Costeiras da Bahia descreve a região na Margem Esquerda com o rio Santo Antônio e seus afluentes (rio Tijuco, riacho Preto, riacho do Cerco, rio Pratinha, rio Cocho, rio Mucugêzinho, rio Utinga e seus afluentes (córrego Bom Sucesso e riacho dos Patis)) como um dos principais afluentes do Paraguaçu, ao mesmo tempo que definido o Decreto Estadual nº 2.216 de 14 de junho de 1993 a região do pantanal de Marimbus, gerado pela confluência dos rios Santo Antônio, Utinga e São José com uma fauna e flora de grande valor ambiental passa a ser atributo da instituída APA Marimbus/Iraquara.

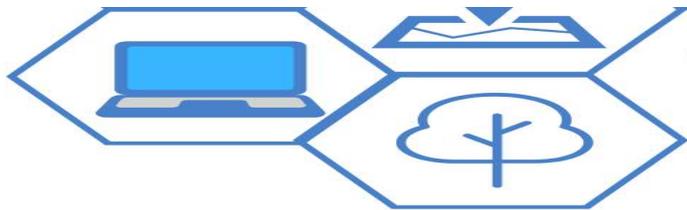
Tais aspectos não só trazem a necessidade do conhecimento da bacia do Paraguaçu, como também o entendimento das sub-bacias que apresentam características únicas no âmbito espacial da bacia principal, entender o comportamento físico da bacia possibilita a tomada de decisões mais assertivas e prevenção de danos oriundo de grandes eventos pluviométrico, sendo por vezes tais características fundamentais para o aprofundamento em estudos para a prevenção de enchentes e o controle da relação rio-aquífero, sobre a observação das respostas de recarga da bacia. Assim sendo, objetiva-se no presente trabalho reproduzir as etapas dos SpatialAnalyst Tools (Hydrology) dentro do ArcGis 10.2 para a delimitação da bacia do rio Santo Antônio, com a delimitação de sua hidrografia e sobre a aquisição dos dados físicos da bacia definir seu comportamento quanto a resposta de eventos pluviométricos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Realizou-se a aquisição de folha 12\_42\_ Altitude por meio da plataforma de dados geomorfométricos do Brasil construído no projeto TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas –INPE.

O tratamento do Modelo Digital de Elevação (MDE) consistiu no uso do Software ArcGis 10.2, em versão disponibilizada para acesso na instituição de ensino superior UFRB, a





partir do ArcToolbox para as funções Data Management Tools (Projections and Transformations) e do uso SpatialAnalyst Tools (Hydrology).

A folha 12\_42\_ Altitude, refere-se à porção do alto Paraguaçu, região onde está presente a sub-bacia do Santo Antônio, apresentando formato tif o TOPODATA fornecido pelo INPE não acompanha sistema de projeção definido.

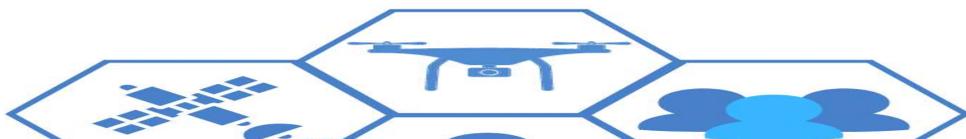
### ***Processos de tratamento do MDE***

O sistema de projeção foi definido para Datum Horizontal 24S SIRGAM 2000, definição cartográfica métrica a qual pode ser fornecido para o eixo de domínio 24 no Brasil, possibilitando maior uso do material tratado como a elaboração de áreas, o comprimento de vias e rio, para o início da aplicação dos métodos presentes na extensão Hydrology. O processo de definição para a projeção da folha foi fornecido pela entrada do MDE através do Project Raster incluso no Data Management Tools (Projections and Transformations) da ferramenta SIG.

O processo de delimitação da bacia do rio Santo Antônio foi elaborado por uma rotina de comando como estabelecido pelo Tutorial ArcHydro Tools Versão 2.0 fornecido pela ESRI de 2011 com o uso das atribuições fornecidas na aba Spatial Analyst Tools (Hydrology).

Seguindo a rotina em primeiro aspecto com o preenchimento de depressões (Fill), onde o processo consiste na eliminação de depressões dentro do MDE, que são resultantes de células com valores menores em torno de células com valores de altitude maiores, promovendo acúmulo de água nessa região. (L Wang & H. Liu, 2006).

Direção de fluxo (FlowDirection), esta função calcula a direção do fluxo para uma determinada grade por meio da inclinação de células vizinhas, organizando os caminhos preferências do escoamento superficial. Como demonstrado nas Figura 1 e Figura 2.



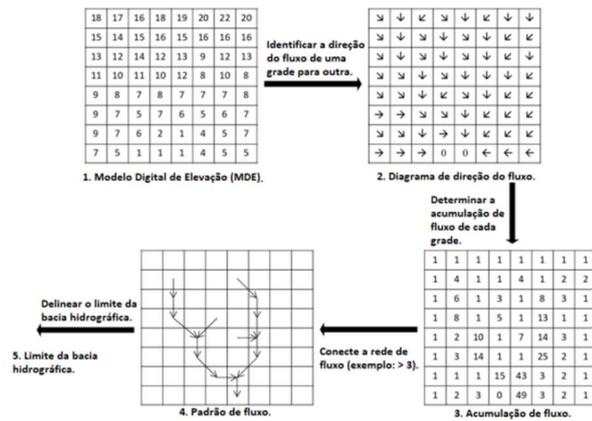
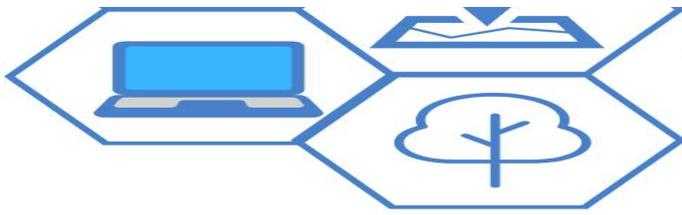


Figura1 - Eight Direction Pour Point Model. (Fonte: Gunawan, 2011.)

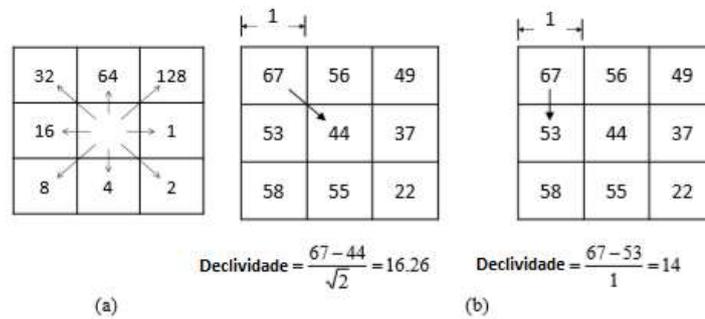


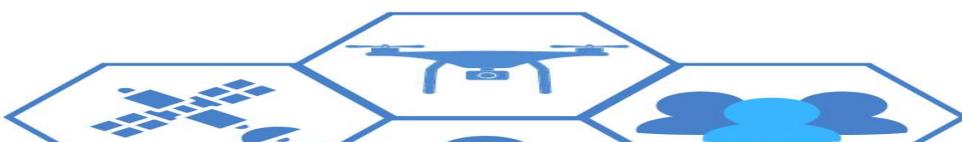
Figura : (a) Direção da descida mais íngreme; (b) Direção da descida mais íngreme.

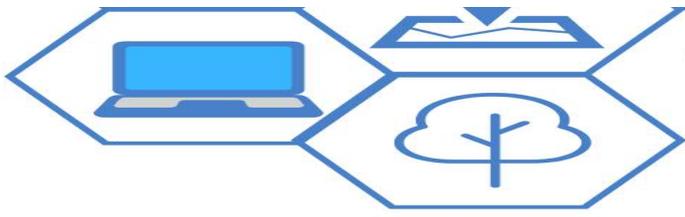
Figura 2 – Direção de fluxo. (Fonte: Gunawan, 2011)

A ferramenta Acumulação de fluxo (FlowAccumulation) calcula o número acumulado de células que estão sendo drenadas para uma determinada célula no MDE. Células com alto acúmulo de fluxo são áreas de fluxo concentrado e podem ser usadas para identificar canais de fluxo (Jenson & Domingue, 1988).

A próxima rotina definida pelo tutorial é a seleção do ponto de exutório da bacia, para tal procedimento foi observado por meio do HIDROWEB(ANA) o ponto de confluência do rio Santo Antônio com o rio Paraguaçu e a produção de um arquivo shapefile em formato de ponto com a coordenada fornecida pelo HIDROWEB. A seleção do ponto sobre a coordenada foi elaborada no último arquivo do processo de FlowAccumulation para valores de pixel da ordem de 2.000.000, seguido pela aplicação do Snap pour point para o melhor ajuste do exutório nas células com acumulação de fluxo.

Por fim a função Watershed (Bacia Hidrográfica) na qual realiza a delimitação da bacia mediante ao ponto de exutório definido nos processos anteriores.





O delineamento dos rios foi realizado pela calculadora raster para a função:

*Equação 1 – Redução do valor de pixel*

$$\text{Con}(\text{"Flow Accumulation"} > 10000, 1)$$

Através dessa equação será criado um novo arquivo raster para o processado na dinâmica do FlowAccumulation na qual os valores de pixels superiores a 10.000 seja codificado como de valor 1, produzindo melhor observação da hidrografia da bacia.

A ordem dos rios presentes na bacia foi definida pelo recurso Stream Order (Ordem dos rios), que foi qualificada após o recorte do MDE pela função Extract by Mask para o contorno definido pelo Watershed, com dados de entradas do processamento da Equação 1, com definição de metodologia a partir do método de STRAHLER (1945) Figura 3.

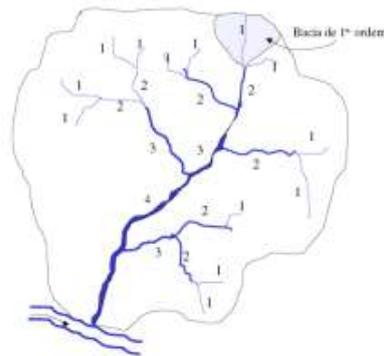


Figura 3 - Ordem dos rios STRAHLER (1945)( Fonte: Horton, 1945.)

Os o resultado dos processos de Watershed e Flow Accumulation foram convertidos a arquivos vetoriais para a discretização da área e comprimento dos cursos d'água através da Calculate Geometry presente na Attribute Table dos arquivos vetorizados.

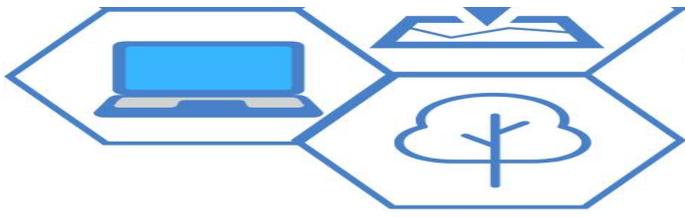
Os parâmetros hidrológicos que foram observados na bacia foram à forma da bacia, definidas pelo Fator de forma  $K_f$ , e o coeficiente de compacidade  $K_c$ , a densidade de drenagem e o tempo de concentração

Os parâmetros estudados definem a resposta da bacia quanto a entradas pluviométricas no sistema, onde:

*Equação 2: Fator de forma*

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$





Tal que,

A = Área da bacia.

L= comprimento do rio principal

*Equação 3: Coeficiente de compacidade.*

$$Kc = \frac{0,28P}{A^{0,5}}$$

P= Perímetro da bacia

*Equação 4: Densidade de drenagem*

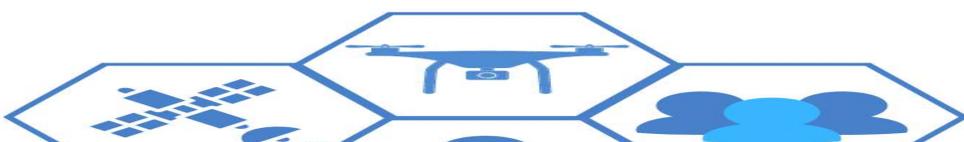
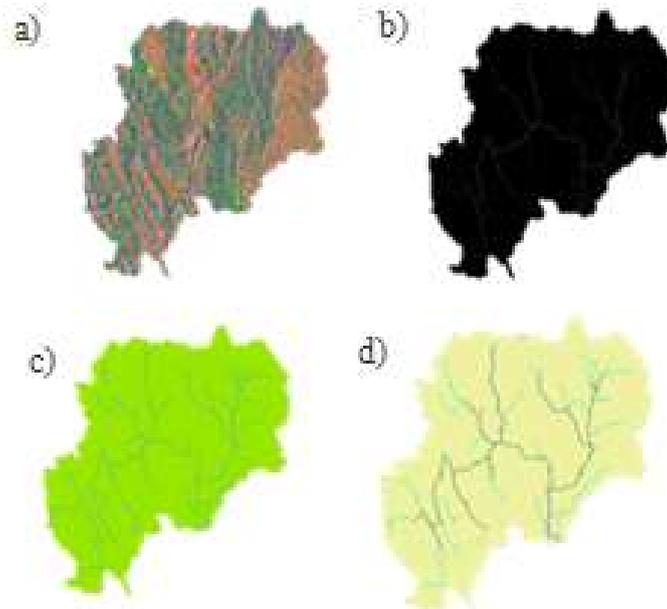
$$D = \frac{Lt}{A}$$

Lt = Comprimento dos cursos d'água

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O tratamento da folha altimétrica 12\_42\_ permitiu a construção de todo processo de elaboração da bacia do Santo Antônio que pode ser caracterizado dentro dos passos aplicado na metodologia desenvolvida pelo Tutorial Arc Hydro Tools 2.0.

O resultado dos tratamentos forneceu dois arquivos raster e dois arquivos vetoriais, que são compostos respectivamente pela direção de fluxo, acumulo de fluxo, bacia delimitada, ordem dos cursos d'água, como pode ser observada na Figura 1 e Figura 4



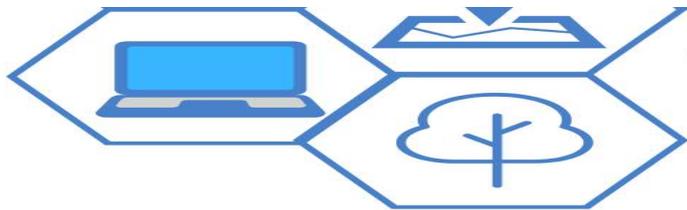


Figura 4 – Tratamento do MDE (Fonte: Próprio Autor)

- a) direção de fluxo
- b) acúmulo de fluxo
- c) bacia delimitada
- d) ordem dos cursos d'água

Os parâmetros de aquisição após a delimitação da bacia foram referentes a área da bacia de valor igual a aproximadamente 10100 km<sup>2</sup>, o perímetro da bacia equivalente a 890 km, seguidos do comprimento do curso principal, definido pelo rio Santo Antônio de aproximadamente 80 km e o comprimento dos cursos d'águas presentes na bacia de aproximadamente 922 km.

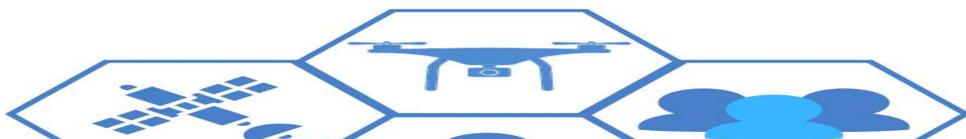
Com os parâmetros definidos os valores para o Fator de forma e coeficiente de compacidade apresentaram, respectivamente, 1,6 e 2,5. Para esses valores a bacia pode ser interpretada sobre os critérios de afastamento para uma bacia alongada e pouca significância para uma bacia de formato restritamente circular, estando definida como uma bacia de formato irregular. O valor de 1,6 e 2,5 indica a possibilidade da bacia a respostas mais lentas de drenagem e problemas de enchentes, essa afirmativa precisa ser confirmada com diversos outros parâmetros que caracterizam o escoamento superficial, sendo as análises quanto à forma da bacia um norteador para a resposta quanto à estrutura geométrica que a caracteriza.

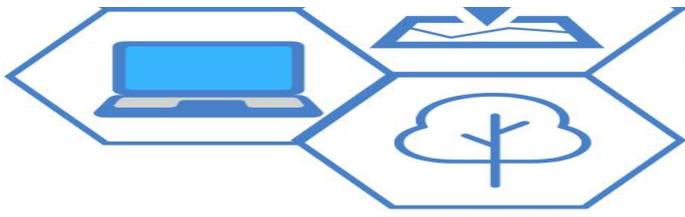
A densidade de drenagem da bacia apresentou semelhança no resultado definido pelos parâmetros de forma, apresentando um parâmetro de densidade de drenagem extremamente pobre com razão de 0,1 km/km<sup>2</sup>. Afirmando a baixa resposta a entradas pluviométricas na bacia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O delineamento da bacia do rio Santo Antônio se mostrou satisfatório para a aplicação das etapas fornecidas pelo Spatial Analyst Tools (Hydrology), fornecendo arquivos vetoriais que descreveram com confiança as características que se buscou observar.

A resposta da bacia aos parâmetros adotados indicou uma baixa densidade de drenagem e uma forma pouco colaborativa para a resposta a cheias, tornando a bacia segura quanto a riscos de enchentes promovidas por derivações de precipitação elevada.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHIA (Estado). Boletim de Qualidade das Águas da Bacia do Paraguaçu - Salvador. BA. Salvador: Centro de Recursos Ambientais - CRA. 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Diagnóstico da Gestão Ambiental nas Unidades da Federação. Relatório Final Estado da Bahia. Brasília, DF, fev. 2001, 188 p.

ESRI. Arc Hydro Tools – Tutorial. Version 2.0 - United States of America. 2011.

Gunawan, Gusta & Sutjiningsih, Dwita & Soeryantono, Herr & Widanarko, Sulistyoweni. Watershed delineation using gis for supporting the integrad and sustainable watershed management case study: Manjuntto Watershed, Bengkulu Province, Indonesia. 2011

Horton R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology, in Chow, VenTe; Maidment, D. R; Mays, L. W. Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York. 1988.

INPE. Bando de dados geomorfométricos do Brasil – TOPODATA Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso: 04 de agosto de 2020.

Jenson, S. K., and J. O. Domingue. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for GeographicInformation System Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1988.

Wang, L. & H. Liu (2006): An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modelling. International Journal of Geographical Information Science, Vol. 20, No. 2: 193-213.

