

# APLICAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO RIACHO TOURO, CEARÁ

*Celme Torres F. Costa<sup>1</sup>; Francisco Ramis da Silva<sup>2</sup> e Paulo Roberto L. Tavares<sup>3</sup>*

**RESUMO** – O objetivo do trabalho foi desenvolver a caracterização morfométrica a partir de alguns parâmetros físicos da microbacia hidrográfica do Riacho do Touro, Juazeiro do Norte, Ceará. Para isso, gerou-se inicialmente o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) a partir de cartas topográficas, utilizando o sistema de informações geográficas, através do software gvSIG. O MDEHC permitiu o cálculo de alguns parâmetros morfométricos para o estudo do comportamento hidrológico da bacia. A área de drenagem determinada foi de 61,331 km<sup>2</sup> e o perímetro de 42,827 km. A microbacia em estudo tem formato alongado coeficiente de compacidade de 1,531, fator de forma de 0,237 e índice de circularidade de 0,420. A densidade de drenagem caracteriza a microbacia como sendo de drenagem pobre com um valor de 0,44 km/km<sup>2</sup>. A forma alongada da microbacia hidrográfica indica que a pluviometria sobre a mesma se concentra em diferentes pontos, concorrendo para amenizar a influência da intensidade de chuvas, as quais poderiam causar maiores vazões do curso d'água principal.

**ABSTRACT** – The objective was to develop the morphometric characterization based on some physical parameters of the watershed in the Juazeiro do Norte, Ceará. In order to do so, a Hydrologically Consistent Digital Elevation Model (MDEHC) was generated from topographic maps using the as database and analysis the system of geographic information, by means of the software gvSIG. Fo this, some morphometric parameters of a previous study of the hydrology behavior on the watershed were calculated. The drainage area of 61.3306 km<sup>2</sup> and 42.827 km of perimeter. The watershed study has elongated shape and compacity coefficient was far from the unit 1.531 and it's a shape factor presented a low value 0.237 and circularity index of 0.4203. The drainage density was characterized as being of poor drainage with a value of 0.44 km/km<sup>2</sup>. The drainage system forms a dendritic pattern. The more elongated watershed shape, as the circularity index, shape form and compacity coefficient, indicates that the rainwater volume that falls within the watershed is concentrated in different points, contributing to reduce rain intensities that could cause greater flow variation of the main river.

**Palavras-Chave** – Microbacia hidrográfica, morfometria, gvSIG.

---

<sup>1</sup> Professora Adjunta, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos – DEHA, Universidade Federal do Ceará, Campus Cariri, Av. Tenente Raimundo Rocha, s/n, Juazeiro do Norte/CE, CEP. 63040-360. E-mail: [celmetorres@ufc.br](mailto:celmetorres@ufc.br)

<sup>2</sup> Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos – DEHA, Universidade Federal do Ceará. UFC, Campus Cariri, Av. Tenente Raimundo Rocha, s/n, Juazeiro do Norte/CE, CEP. 63040-360, E-mail: [ramis.silva@gmail.com](mailto:ramis.silva@gmail.com)

<sup>3</sup> Professor Adjunto, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos – DEHA, Universidade Federal do Ceará, Campus Cariri, Av. Tenente Raimundo Rocha, s/n, Juazeiro do Norte/CE, CEP. 63040-360. E-mail: [celmetorres@ufc.br](mailto:celmetorres@ufc.br)

## 1 – INTRODUÇÃO

O semiárido é considerado como uma região com regime de chuvas deficientes e mal distribuída. Os principais componentes – solo, água, vegetação e fauna – coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais e aquelas de natureza antrópica, afetando os ecossistemas como um todo. Nesses compartimentos naturais – bacias hidrográficas, os recursos hídricos constituem indicadores das condições dos ecossistemas, no que se refere aos efeitos do desequilíbrio das interações dos respectivos componentes [Souza, *et al.* (2002)].

Pelo caráter integrador as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais [Guerra e Cunha (1996)], e nessa ótica, são possíveis acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza. Ainda de acordo com esses autores, em nações mais desenvolvidas a bacia hidrográfica também tem sido utilizada como unidade de planejamento e gerenciamento, compatibilizando os diversos usos e interesses pela água e garantindo sua qualidade e quantidade.

Por outro lado, pesquisas e estudos realizados demonstram que as atividades de uso, manejo e ocupação do solo interferem, cada vez mais, na dinâmica das águas dentro da filosofia de Microbacias Hidrográficas, racionalizando a adoção de práticas de manejo e conservação nas atividades agropecuária e planejamento da ocupação urbana, de modo a não afetar a capacidade de uso do solo, como também a qualidade das águas, com repercussões sobre a produção agrícola e o meio ambiente.

A caracterização de uma bacia hidrográfica seja de grande, médio ou pequena dimensão é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais. Para isso, tem sido comum a utilização de informações de relevo em formato analógico, como mapas e cartas topográficas, o que compromete a confiabilidade e a reprodução dos resultados devidos à carga de subjetividade inerente aos métodos manuais.

Com o advento e consolidação dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG)e, conseqüentemente, o surgimento de formas digitais consistentes de representação do relevo, como os Modelos Digitais de Elevação, métodos automáticos para delimitação e caracterização de bacias tem sido desenvolvidos desde então [Garbrecht e Martz (1999)].

Ferreira (1997) cita que os Sistemas de Informações Geográficas podem ser considerados um instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente e auxiliando planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas.

O exposto indica a importância do estudo em referência que trata da utilização geoprocessamento na caracterização morfométrica e comportamento hidrológico da microbacia hidrográfica do riacho Touro localizada nos municípios de Juazeiro do Norte e Barbalha, região do Cariri, Ceará.

## 2 – ÁREA EM ESTUDO

### 2.1 – Caracterização da região

A Região Metropolitana do Cariri, conforme ilustrado na figura 01, é formada por nove municípios, dentre os quais estão Juazeiro do Norte e Barbalha,

De acordo com dados do Perfil Básico dos Municípios [Ipece (2010)], a região estudada é caracterizada em sua maioria por um clima tropical quente semi-árido brando, tropical quente e tropical quente subúmido. A precipitação média anual é de 1.060 mm, sendo a da área do Vale do Cariri de 970 mm, inferior a evapotranspiração potencial de 1.469 mm. A quadra chuvosa ocorre no período de dezembro a abril gerando excedente hídrico, enquanto a estação seca apresenta déficit hídrico nos meses de maio a novembro.



Figura 01 – Localização dos municípios de Juazeiro do Norte, Crato e Missão Velha, Região Metropolitana do Cariri

A vegetação é basicamente formada por floresta caducifólia espinhosa, floresta subcaducifólia tropical pluvial, floresta subcaducifólia xeromorfa e floresta subperenifólia tropical plúvionebular.

A região é caracterizada por duas unidades geomorfológicas: a Chapada do Araripe e a Depressão Sertaneja. Diversos solos são encontrados na região, sendo a maioria: latossolo amarelo distrófico, podzólico vermelho amarelo eutrófico, aluviais eutróficos, litólico eutrófico, areias quartzosas distróficas e vertissolo.

Localiza-se na região metropolitana do Cariri a Bacia sedimentar do Araripe, composta por um pacote de rochas sedimentares que se sobrepõem em rochas do embasamento cristalino. Esta

bacia sedimentar apresenta uma diversificação litológica caracterizada por sequências alternadas de arenitos, siltitos, calcários e folhelhos, podendo alcançar uma espessura total de aproximadamente 1.600m. Essa diversificação litoestratigráfica propicia a ocorrência de uma alternância de aquíferos, aquíferos e aquícludes, variando espacialmente e apresentando descontinuidades verticais e laterais, sendo caracterizada como a mais importante bacia hidrogeológica do Estado, possui a melhor unidade aquífera armazenadora do estado e reservas de águas subterrâneas com boa qualidade.

## 2.2 Microbacia do Riacho Touro

A microbacia do Riacho do Touro, localizada na região do Cariri, tem como rio principal o Riacho Touro, conforme mostrado na figura 01. Trata-se de um riacho intermitente que percorre os municípios de Juazeiro do Norte e Barbalha, onde ocorre em área rural, pouco habitada e pouco tráfego. Todavia em Juazeiro do Norte o riacho encontra-se em grande parte na zona urbana, passa por bairro cuja população é de baixa renda, cruza avenida de bastante movimento, divide bairros periféricos e na sua microbacia hidrográfica existe uma bateria de poços de abastecimento de água. Seu exutório situa-se no limite entre os bairros Carité, onde a densidade populacional ainda é bem reduzida tendo aspecto bucólico e Pedrinhas (subúrbio que há poucos anos pertencia à zona rural).

Com elevado grau de degradação ambiental, a poluição ao longo do riacho é marcante, com presença abundante de lixo, especialmente resíduos não degradáveis e material orgânico, com destaque a carcaças de animais em estado de putrefação. A esquerda da seção de controle do riacho Touro, onde é também chamado de riacho dos Macacos se encontra o rio Batateira, o encontro do Riacho dos Macacos com o Rio Batateira forma o rio Salgado, ambos constituem um dos limites do perímetro urbano de Juazeiro do Norte.

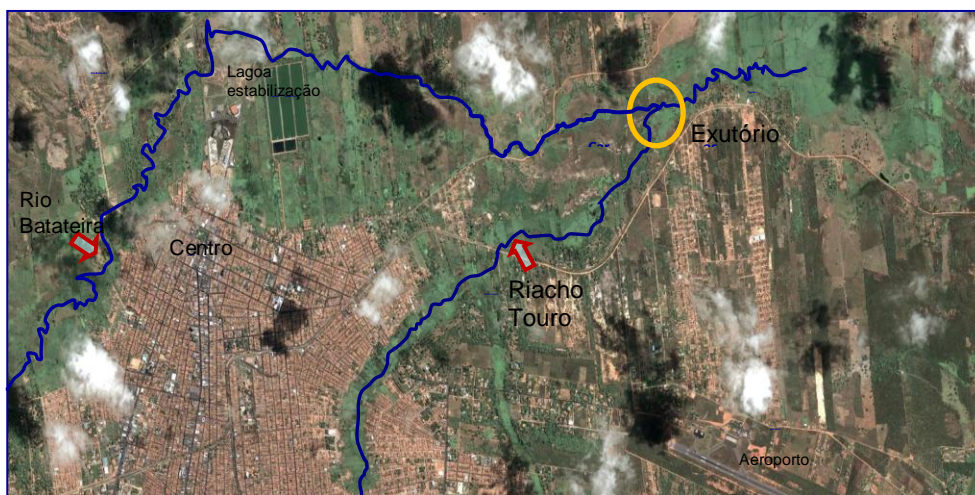


Figura 02 - Localização do riacho do Touro, município de Juazeiro do Norte, CE.

### **3 – MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 – Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente – MDEHC**

A metodologia utilizada para geração do MDEHC foi executada em quatro etapas. Primeiramente, obtiveram-se os mapas a partir da base de dados do IBGE, na escala de 1:50.000 com curvas de nível de 20 em 20 metros. Após a obtenção dos mapas, procedeu-se ao pré-processamento dos dados digitais de elevação e drenagem.

A grande maioria dos softwares que geram o Modelo Digital de Elevação necessita de que os dados digitais de entrada estejam com qualidade e estrutura aceitáveis. Para isso, devem-se gerar arquivos individuais contendo os limites da área de trabalho, a hidrografia digital conectada e orientada no sentido do escoamento superficial e dados de altimetria discriminados em curvas de nível e pontos cotados.

Na terceira etapa, foi gerado o Modelo Digital de Elevação – MDE, finalizando com o pós-processamento para geração do MDEHC. Essa última etapa visou eliminar as depressões espúrias, ou seja, células cercadas por outras com maiores valores de elevação, remanescentes ou que foram introduzidas ao MDE durante o processo de imposição da rede de drenagem.

A base de dados e as análises foram geradas através do sistema de informações geográficas utilizando-se do software gvSIG.

#### **3.2 – Ferramenta de geoprocessamento - gvSIG**

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) constituem o tipo de estrutura mais importante em termos de viabilização do geoprocessamento, formando um conjunto de procedimentos computacionais que, operando sobre base de dados integradas possibilita a execução de análises e cálculos que variam desde a álgebra cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão, etc) até álgebra não cumulativa (operações lógicas), permitindo a elaboração de mapas politemáticos (contendo dados qualitativos e quantitativos), reformulações e sínteses sobre os dados ambientais disponíveis, constituindo-se em instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água.

Para a criação do banco de dados de imagens, caracterização morfométrica e processamentos de imagens de satélite foi utilizada a ferramenta do software gvSIG.

O gvSIG foi desenvolvido pela Generalitat Valenciana do governo da Espanha e está em constante desenvolvimento, uma vez que é um sistema de código aberto e, portanto, pode ser alterado conforme a necessidade do usuário, fato decisivo para a escolha do software. De acordo com Generalitat Valenciana (2008) o SIG denominado gvSIG é uma ferramenta para o

processamento de informações geográficas que se caracteriza por uma interface simples, com capacidade de atender os formatos mais usuais de entrada e saídas de dados geográficos.

Com a ferramenta computacional proposta foi possível realizar a análise morfológica e morfométrica da microbacia e a obtenção dos mapas do Modelo Digital de Elevação, da rede de drenagem e de delimitação da microbacia. As imagens geradas nesse estudo podem ser utilizadas em pesquisas de mapeamento das unidades de resposta hidrológica para aplicação da modelagem hidrológica e simulação de diversos cenários.

### 3.3 – Parâmetros de caracterização morfométrica

Para se entender o funcionamento de uma bacia hidrográfica seja a mesma de micro ou macro dimensão, faz-se necessário delimitar a sua área de influência e expressar quantitativamente os parâmetros relacionados a sua fisiografia. Os valores dimensionais de bacias hidrográficas são parâmetros quantitativos que permitem eliminar a subjetividade na sua caracterização [Oliveira & Ferreira (2001)].

Na determinação destes parâmetros foi seguida a metodologia citada por Oliveira & Ferreira (2001) para o cálculo do comprimento do curso de água principal ( $C_p$ ), comprimento total da rede de drenagem, perímetro ( $P$ ), área ( $A$ ), densidade de drenagem ( $D_d$ ), frequência de rios, e a de Wisler & Brater (1964) e Horton (1932), citados por Lima (1986), para a determinação da declividade média ( $S$ ) e fator de forma ( $K_f$ ). A metodologia adotada para a determinação da hierarquização das drenagens foi baseada no sistema desenvolvido por Strahler (1952).

#### 3.3.1 – Coeficiente de compacidade

A bacia hidrográfica apresenta um formato após ter seu contorno definido. O formato da área plana de uma bacia de drenagem exerce influência no tempo de concentração, ou seja, no tempo decorrido pela água a partir dos limites da bacia até o seu exutório (seção de controle) e o formato depende da estrutura geológica do terreno. Os índices que determinam a forma da bacia procuram relacioná-la com formas geométricas conhecidas. O coeficiente de compacidade é a relação entre os perímetros da bacia e um círculo de área igual à da bacia, dado por:

$$K_c = \frac{\sqrt{\pi} \cdot P}{2\pi\sqrt{A}} \cong 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Onde  $P$  (m) é o perímetro e  $A$  ( $m^2$ ) é a área da bacia hidrográfica em estudo.

Este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente do seu tamanho, quanto mais irregular for a bacia maior será o coeficiente de compacidade. Um

coeficiente mínimo de valor igual a 1,0 corresponde a uma bacia circular. Em caso de enchentes, a tendência é mais acentuada quanto mais próximo da unidade for o valor de  $K_c$ .

### 3.3.2 – Fator de forma

A relação entre a largura média ( $\bar{L}$ ) e o comprimento axial do curso d'água ( $C_p$ ) é definido como o fator de forma da bacia hidrográfica, dado por:

$$K_f = \frac{\bar{L}}{C_p} = \frac{A}{C_p^2} \quad (2)$$

sendo  $K_f$  o fator de forma,  $A$  a área de drenagem ( $m^2$ ) e  $C_p$  o comprimento do rio principal.

O comprimento axial ( $C_p$ ), comprimento do rio principal é medido seguindo o curso d'água mais longo desde a cabeceira mais distante da bacia até a desembocadura e a largura média é obtida pela divisão da área pelo comprimento axial da bacia. O fator de forma constitui um índice indicativo da maior ou menor tendência para enchentes, quanto maior o fator de forma maior a tendência enchentes possui a bacia.

### 3.3.3 – Índice de Circularidade

Similar ao coeficiente de compactidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna-se alongada. Na sua determinação utiliza-se a seguinte equação:

$$IC = \frac{12,57A}{P^2} \quad (3)$$

onde  $IC$  é o índice de circularidade,  $A$  área de drenagem ( $m^2$ ) e  $P$  o perímetro (m).

### 3.3.4 – Ordem

A ordem dos cursos d'água é uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação da rede de drenagem da bacia, indicando a posição hierárquica que um curso d'água ocupa na rede de drenagem. Segundo Chow (1964), designam-se todos os pequenos canais que não se ramificam (podendo desembocar no rio principal ou em seus ramos) como sendo de primeira ordem. A junção de dois canais de primeira ordem forma um canal de segunda ordem; quando dois rios de segunda ordem juntam-se, forma-se um rio de terceira ordem e, assim por diante. A ordem do rio principal mostra a extensão da ramificação da bacia.

### 3.3.5 – Declividade e altitude

O modelo digital de elevação hidrologicamente consistente – MDEHC foi utilizado como entrada para a geração do mapa de declividades e da altitude. A imagem declividade gerada foi do tipo contínua, por apresentar valores reais. As classes de declividade foram separadas em intervalos distintos, sugeridos pela Embrapa (1979), conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação de declividades segundo a Embrapa<sup>4</sup>

<b>Declividade (%)</b>	<b>Discriminação</b>
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

De acordo com Righetto (1998), a declividade do terreno de uma bacia é responsável pela velocidade de escoamento superficial. Assim, a determinação do relevo de uma bacia hidrográfica é de grande importância no estudo de caracterização. Grandes variações de altitude do terreno de uma bacia implicam em variações significativas na temperatura média, causando, portanto, variações na evapotranspiração e na precipitação anual [Chow *et al.* (1998)]. Analiticamente a elevação média da bacia é obtida através da soma do produto do ponto médio entre duas curvas de nível e a área compreendida entre elas, dividida pela sua área total, sendo:

$$E = \frac{\sum(P_i A_i)}{\sum A_i} \quad (4)$$

Onde,  $P_i$  [L] é o ponto médio entre duas curvas de nível subsequentes e  $A_i$  é a área compreendida entre as curvas de nível.

Villela e Matos (1975) exprimem que a declividade dos terrenos de uma bacia hidrográfica controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial. Ou seja, quanto mais íngreme for o terreno da bacia, mais rápido será o escoamento superficial, o tempo de concentração será menor e os picos de enchentes na saída serão maiores.

### 3.3.6 – Sistema de drenagem

O sistema de drenagem de uma bacia é constituído por todos os canais, quer sejam perenes, intermitentes ou temporários. Uma bacia bem drenada tem menor tempo de concentração, ou seja, o

<sup>4</sup> Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária



escoamento superficial concentra-se mais rapidamente e os picos de enchentes são altos. Destarte, as características da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica podem ser razoavelmente descritas pela ordem dos cursos d'água, densidade de drenagem, extensão média do escoamento superficial e sinuosidade do curso d'água.

A densidade de drenagem de uma bacia hidrográfica indica a eficiência de drenagem que representa a maior ou menor velocidade com que a água percorre a bacia hidrográfica. Segundo Lima (1986), a densidade de drenagem reflete a influência da geologia, topografia, solo e vegetação da bacia hidrográfica, e está relacionada com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia. A densidade de drenagem, definida por Horton (1945), é a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica, sejam eles intermitentes ou perenes, e a área total da bacia, definida por:

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \quad (5)$$

onde,  $L_i$  [L] é o comprimento dos cursos d'água e  $A$  [L<sup>2</sup>] é a área da bacia hidrográfica e  $D_d$  a densidade de drenagem [L/L<sup>2</sup>].

De acordo com Villela e Mattos (1975), uma bacia será pobremente drenada se o índice densidade de drenagem for menor que 0,5 km/km<sup>2</sup>; caso esse índice esteja entre 0,5 e 3,0 km/km<sup>2</sup>, a bacia será mediantemente drenada; e se o valor do índice for maior que 3,0 km/km<sup>2</sup>, a bacia é classificada como ricamente drenada.

### 3.3.7 – Extensão média do escoamento superficial e sinuosidade

A extensão média do escoamento superficial é definido como sendo a distância média que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta desde onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso de água qualquer da bacia. Na determinação desse parâmetro a bacia em estudo é transformada em um retângulo de mesma área, onde o lado maior é o comprimento do rio principal, sendo dado por:

$$l = \frac{A}{4\sum L_i} \quad (6)$$

Ainda como parâmetro da bacia tem-se a sinuosidade do curso de água principal que representa a relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento do talvegue, que é medido em linha reta desde a cabeceira do curso d'água principal até o exutório da bacia. A sinuosidade de um curso de água é expresso por:

$$\text{Sin} = \frac{C_p}{L_t} \quad (7)$$

Onde  $C_p$  é a extensão do rio principal em metros e  $L_t$  o comprimento do talvegue.

### 3.3.8 – Orientação da bacia

Os estudos apontam que as direções dos cursos d'água de uma rede definem a orientação de drenagem da bacia. Um padrão de drenagem pode apresentar uma ou mais direções, ou não apresentar nenhuma. A orientação da bacia define a direção geral para qual a declividade está exposta e dessa forma está correlacionada com os ventos prevalecentes, o padrão de deslocamento de tempestades e a exposição aos raios solares.

### 3.3.9 – Coeficiente de rugosidade

O coeficiente de rugosidade (Ruggdensess Number – RN), segundo o Método Sico Smith é um parâmetro que direciona o uso potencial da terra com relação às suas características para agricultura, pecuária ou florestamentos [Rocha e Kurtz (2001)].

Os RN, comparados com o uso da terra, determinam as áreas de conflitos nas microbacias. O coeficiente de rugosidade é uma relação multiplicativa da densidade de drenagem e da declividade média da microbacia em estudo, sendo dado por:

$$RN = D_d \times D_m \quad (8)$$

Sico Smith citado por [Rocha e Kurtz (2001)], autor deste método, classificou quatro classes para os RN. As classes estabelecidas foram: Classe A, menor valor de RN, escala de 2 a 4, caracterizam solos apropriados para agricultura; Classe B para valores médios, escala de 5 a 6, indicam solos apropriados para pastagens (pecuária); Classe C, escala de 6 a 8, solos apropriados para pastagem/florestamento e Classe D, maior valor de RN, escala de 9 a 12, são solos apropriados para florestamentos.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para delimitação da microbacia hidrográfica do riacho Touro o arquivo digital da carta acessado através do software AutoCAD, depois importado para o software de geoprocessamento gvSIG. As curvas de nível, foram divididas em intervalos ilustrados matizados em tons de verde escurecendo do mais baixo ao mais alto nível para assim facilitar no momento de tracejar o contorno. Para melhor demonstrar a localização da micro bacia, a carta da mesma foi sobreposta à planta urbana de Juazeiro do Norte/CE. O interior da bacia é destacado com penas mais espessas para as curvas de nível e o riacho é ilustrado num tom mais forte de azul, enquanto o contorno é apresentado em linha vermelha ainda mais espessa. A figura 03 apresenta a delimitação da área da microbacia hidrográfica do riacho Touro. O exutório do riacho Touro encontra-se nas coordenadas 469031m, 9204981m em UTM ou longitude 39°16'50"W e latitude 7°11'32"S, apresenta uma área

61,331 km<sup>2</sup> dos quais 70% encontram-se no município de Juazeiro do Norte, atravessando a zona urbana.

O centróide da bacia situa-se na região onde começa o riacho dos Macacos, e onde ocorre a grande degradação do manancial hídrico. Na figura 03 pode ser visualizada a grande densidade de edificações, com solo impermeabilizado, explicando a maior incidência de enchentes dada à ocupação indevida do riacho do Touro, caracterizado como um curso de água intermitente.

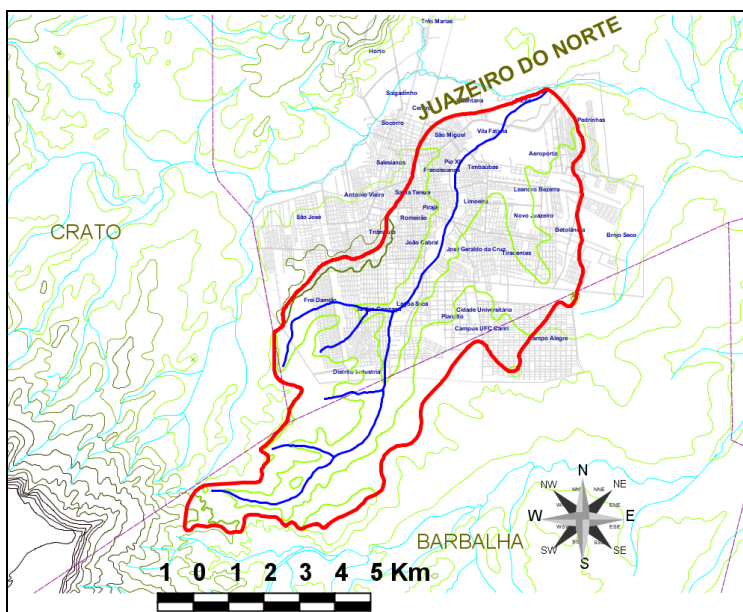


Figura 03 – Delimitação topográfica da microbacia do riacho do Touro, município de Juazeiro do Norte, CE.

No Quadro 02 são apresentados os parâmetros de caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Riacho do Touro, com área de drenagem de área de 61,331 km<sup>2</sup> e perímetro de 42,827 km.

Tabela 1 – Parâmetros de caracterização morfométrica da microbacia do Riacho do Touro

<b>Parâmetros morfométricos</b>	<b>Resultado</b>
Área (km <sup>2</sup> )	61,331
Perímetro (km)	42,827
Extensão do rio principal – C <sub>p</sub> (km)	16,099
Coefficiente de compacidade – K <sub>c</sub>	1,531
Fator de forma – K <sub>f</sub>	0,237
Densidade de drenagem – D <sub>d</sub>	0,44
Índice de circularidade – IC	0,420
Extensão média do escoamento superficial – l (km)	0,568
Sinuosidade do curso de água principal – Sin	1,169
Declividade média – S <sub>m</sub> (%)	12,26%
Coefficiente de rugosidade (RN)	5,394
Ordem dos cursos de água	3
Orientação da bacia	Noroeste

A forma da bacia hidrográfica tem grande importância no seu comportamento hidrológico, o parâmetro característico desse comportamento hidrológico é o coeficiente de compactidade ( $K_c$ ) e para a microbacia em estudo o valor de 0,237 indicam bacias alongadas e pouco propensa a eventos de cheias.

O coeficiente de rugosidade é um parâmetro adimensional e mostra, nitidamente, que quanto maior for o valor do RN, maior será o perigo de erosão na microbacia. Na microbacia em estudo o valor de RN é de 5,394, indicando Classe B com solos apropriados para pastagens (pecuária), no entanto como mostrado anteriormente a maior parte da microbacia encontra-se em área urbana com solos impermeabilizados.

A ordem dos cursos de água, refere-se a rede de drenagem e fornece uma noção do grau de ramificação, permitindo inferir sobre o relevo da bacia. De modo geral, quanto mais ramificada for uma rede de drenagem, mais acidentado é o relevo. Nesse estudo a microbacia apresentou ordem 3, Figura 04, caracterizando terrenos pouco acidentado o que pode ser confirmado pelo parâmetro referente a declividade média que apresenta um valor de 12,26 %.

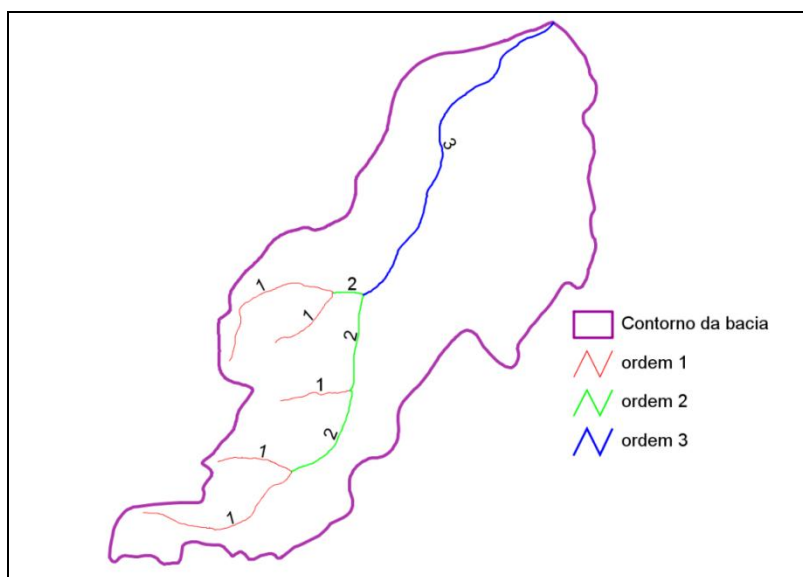


Figura 04 – Ordem dos cursos d'água, microbacia do riacho do Touro, município de Juazeiro do Norte, CE.

Pelos dados apresentados na figuras 05, pode-se observar que a classe de declividade predominante na microbacia hidrográfica do riacho do Touro é de 6 a 12%, apresentando relevo suave ondulado a ondulado, segundo classificação da Embrapa apresentada no Quando 01. Este parametro indica que a microbacia não apresenta fortes restrições à infiltração da água da chuva e consequente abastecimento dos lençóis na bacia hidrográfica em estudo [Serra (1993)].

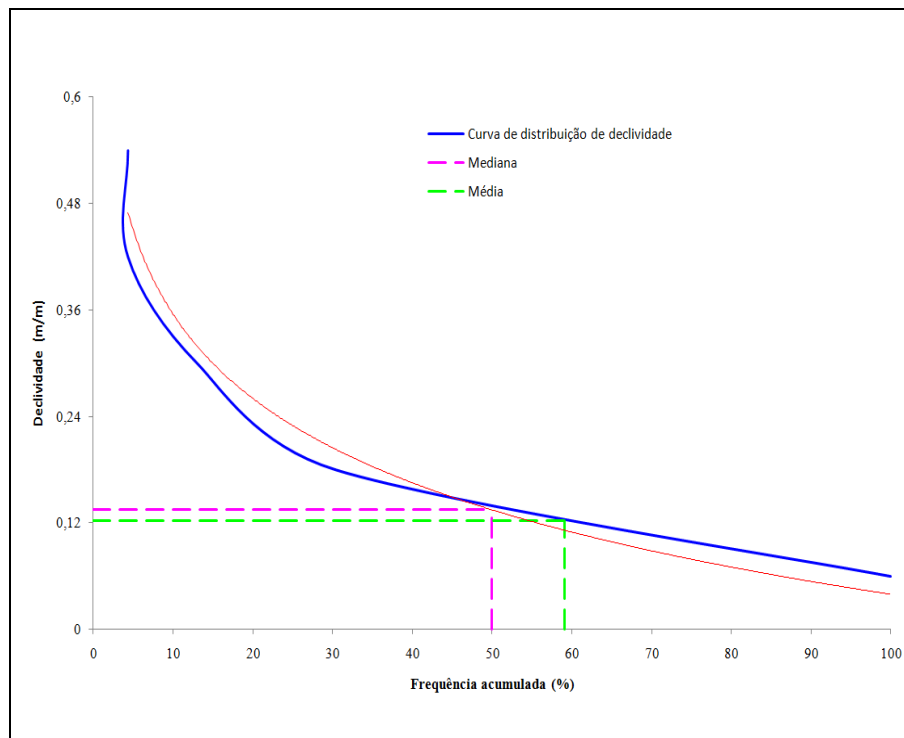


Figura 05 – Curva de distribuição das declividades, microbacia do riacho do Touro.

A curva hipsométrica é a representação gráfica do relevo de uma bacia e representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível médio do mar. Esta variação é representada por meio de um gráfico que mostra a percentagem da área de drenagem que existe acima ou abaixo das várias elevações. A figura 06 apresenta a curva hipsométrica da microbacia do riacho Touro. Através da curva hipsométrica obtiveram-se os valores das alíneas que se seguem: a altitude média observada na curva hipsométrica foi de 424,065 m e altura mediana foi de 421,71m.

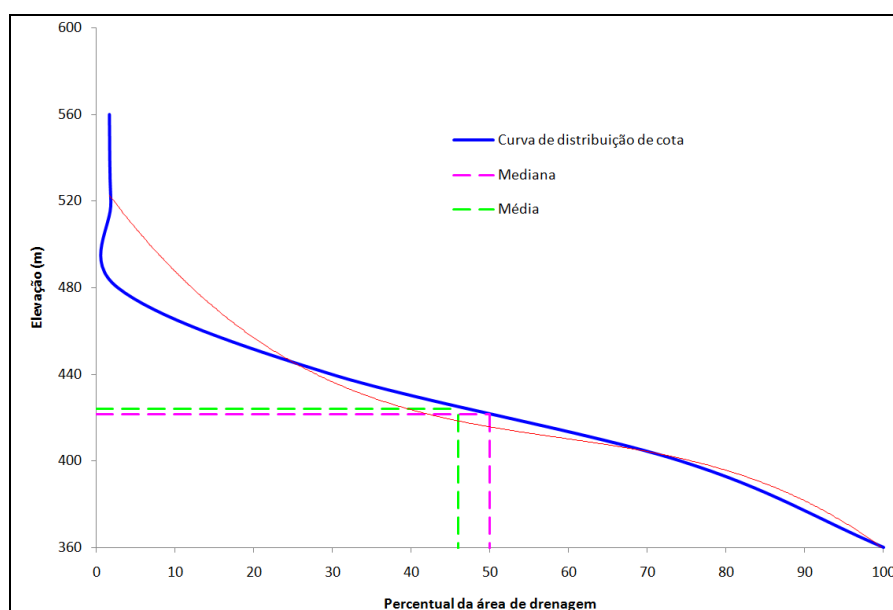


Figura 06 – Curva hipsométrica, microbacia do riacho do Touro.

A figura 07 ilustra a distribuição das altitudes na microbacia, constatando-se uma altitude máxima de 600 m e uma altitude mínima de 360 m. Pode-se observar que a maior parte da altitude, apresenta-se na faixa entre 360 a 400 m, correspondendo a 70,17% da área da microbacia.

A remoção da vegetação em um ambiente leva conseqüentemente a processos erosivos gerando degradação do ambiente, podendo se propagar para áreas adjacentes. Assim a declividade e a cobertura vegetal tornam-se fatores importantes na tomada de decisão de uma manejo adequado de bacias hidrográficas, visto que influenciam a precipitação efetiva, escoamento superficial e fluxo de água no solo. Como a microbacia em estudo, encontra-se quase que totalmente localizada dentro de uma zona urbana, sem nenhum vestígio de mata ciliar, agrava-se nesse caso seu comportamento no que diz respeito a enchentes, que sempre prevalecem, nos períodos chuvoso, na área em estudo.

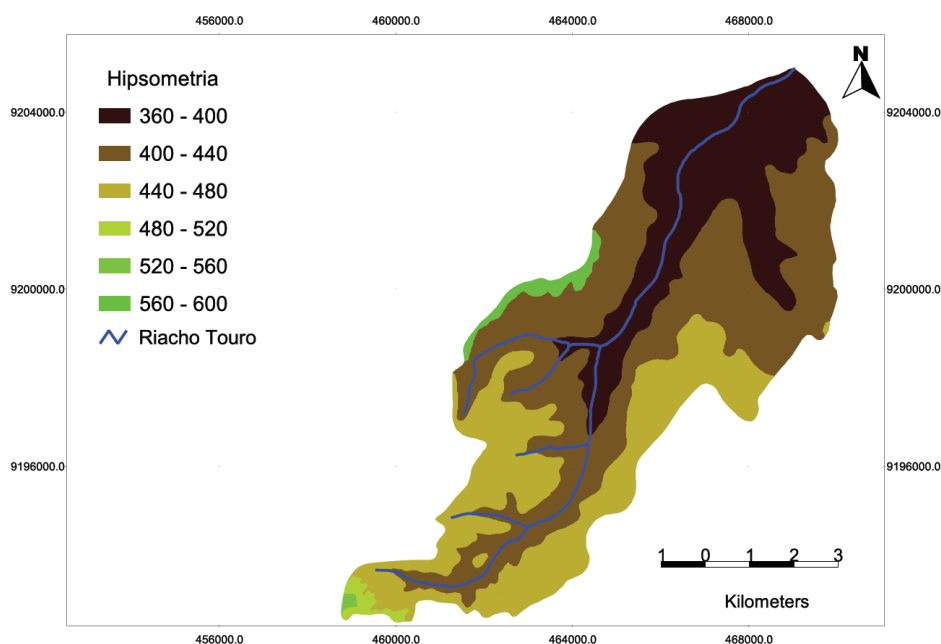


Figura 07– Mapa de hipsimetria da microbacia do riacho Touro.

A orientação da bacia hidrográfica corresponde à sua exposição aos raios solares, tomando-se como referência os pontos cardeais. No Hemisfério Sul, as bacias com orientação norte recebem maior quantidade de calor do que as de orientação sul. O significado quantitativo em termos de produção de água das nascentes, quanto às diferenças nas orientações norte e sul das bacias, é ainda muito desconhecido. No entanto, nessas diferenças devem ser levados em consideração os diferentes tipos de cobertura vegetal, já que nas bacias de orientação norte se devem esperar maiores taxas de evapotranspiração. Também, deve-se atentar para o fato de que é esperado maior produção de água das nascentes de orientação leste do que na de oeste [Castro e Lopes (2001)]. Em resumo, as nascentes de orientações sul e leste são conservadoras de umidade, ao passo que as de

norte e oeste são dispersoras. A figura 08 apresenta a orientação da microbacia do riacho Touro, onde aproximadamente 60 % da área total encontra-se na direção noroeste.

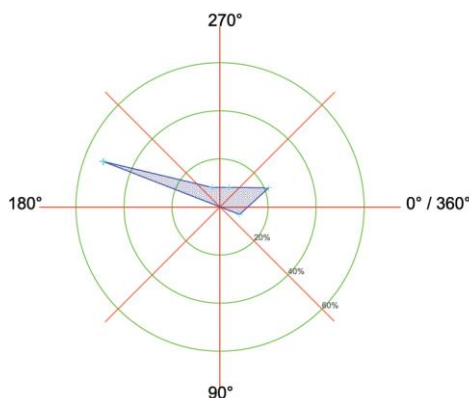


Figura 08 – Orientação da microbacia do riacho do Touro, diagrama rosa dos ventos.

#### 4.2 – Comportamento hidrológico

A microbacia em estudo tem forma alongada, indica pouca tendência a enchentes com menor concentração de água no tributário principal, quando se tem chuva intensa cobrindo a sua extensão. A mesma morfometria pode ser observada no fator de forma, que mostra valores inferiores a 0,50, o que não é verificado no coeficiente de compacidade, que indica uma leve tendência a enchentes, apresentando um valor de 1,531.

De acordo com a classificação de Christofolletti (1974), a microbacia em estudo é classificada como exorreica apresentando escoamento das águas de modo contínuo. O comportamento dos rios podem ser classificados em relação à inclinação das camadas geológicas de subsuperfície, o estudo mostra rios subseqüentes, e nesse caso a direção de fluxo d'água é controlada pela estrutura das rochas, acompanhando sempre uma zona de fraqueza, como uma falha, junta, camada rochosa delgada ou facilmente erodida. Esse comportamento dos rios ocorre nas áreas sedimentares, os fluxos de água correm perpendiculares à inclinação principal das camadas geológicas.

Utilizando-se do critério geométrico, da disposição fluvial sem nenhum sentido genético, e aplicando a tipologia dos padrões de drenagem segundo Christofolletti (1974), a figura 07 mostra uma microbacia com drenagem dendrítica, também designada como arborescente, onde seu desenvolvimento assemelha-se à configuração de uma árvore. Utilizando desta imagem, a corrente fluvial principal (rio) corresponde ao tronco da árvore, os tributários aos seus ramos. Este padrão é típico das áreas de solos cristalinos sendo um padrão típico dos solos rasos da região semiárida.

## 5 – CONCLUSÕES

A análise dos dados e a interpretação dos resultados obtidos nas condições atuais da microbacia hidrográfica do riacho Touro permitiram concluir que a mesma possui a forma alongada, evidenciando menor risco de cheias em condições normais de pluviosidade anual.

A declividade média encontrada caracteriza um relevo suavemente ondulado a ondulado, drenagem deficiente e precipitação anual de 1.183 mm. Esses parâmetros têm grande influência sobre o escoamento superficial e, conseqüentemente, sobre o processo de erosão, que resulta em perdas de solo, água, matéria orgânica, nutrientes e microfauna, provocando, assim, assoreamento e eutrofização dos corpos d'água.

O padrão de drenagem formado pelos cursos d'água caracteriza-se como do tipo dendrítico, com baixo grau de ramificação (ordem 3). Grande porcentagem do terreno da bacia em estudo possuía seu terreno voltado para a face norte-oeste, aproximadamente 60%, indicando deficiência na retenção de umidade.

A morfometria apresentada configura a microbacia com comportamento hidrológico característico de regiões semiáridas, sujeita a solos rasos e embasamento cristalino aflorante. O coeficiente de rugosidade indica Classe B com solos apropriados para pastagens (pecuária), no entanto a área em estudo encontra-se em quase sua totalidade em área urbana com solos impermeabilizados, fato que compromete o comportamento hidrológico da microbacia, para eventos de enchentes quando submetida a chuvas intensas, o que evidencia a necessidade de um manejo específico da microbacia.

O uso da ferramenta de geoprocessamento supriu bem as expectativas constituindo importante base para subsidiar análises e estudos hidrológicos e caracterização morfométrica de bacias hidrográficas, podendo ser utilizadas como subsídio para tomadas de decisão coerentes e apropriadas no contexto ambiental dos recursos naturais, considerando as microbacias como unidade de gestão sustentável.

## BIBLIOGRAFIA

- CASTRO, P.; LOPES, J.D.S. (2001). *Recuperação e conservação de nascentes*. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.
- CHOW, V.T. (1964) *Handbook of Applied Hydrology*. Ed. McGraw-Hill, New York.
- CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. (1998) *Applied Hydrology*, Editora McGraw-Hill, New York, 570 pp.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1974). *Geomorfologia*. São Paulo: Editor. Blücher, 149 p.
- COGERH (2009). *Plano de monitoramento e gestão dos aquíferos da bacia do Araripe - Estado do Ceará, Relatório Final*. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Secretaria de Recursos Hídricos, Fortaleza, CE.



- FERNANDES, M. R.; SOUSA, E. R. (1994). *Programa Estadual de Manejo de Subbacias Hidrográficas: fundamentos e estratégias*. Belo Horizonte: EMATEMG, 1994. 24 p.
- FETTER, C. W. (2001). *Applied hydrogeology*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 598 p.
- GARCEZ, L. N & ALVAREZ, G. A. (1988) *Hidrologia*. 2ª Ed. Editora Edgar Blucher. São Paulo, Brasil.
- IBGE (2011) *Pesquisa de Informações Básicas Municipais*. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em maio de 2011.
- IPECE (2010) *Perfil Básico Municipal de Juazeiro do Norte*. Fortaleza: IPECE, 2010. 17 p. Disponível em: [www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/perfilbasico-municipal-2010](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/perfilbasico-municipal-2010). Acesso em: abril, 2010.
- IPECE (2010) *Perfil Básico Municipal de Barbalha*. Fortaleza: IPECE, 2010. 17 p. Disponível em: [www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/perfilbasico-municipal-2010](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/perfilbasico-municipal-2010). Acesso em: abril, 2010.
- LIMA, W. P. (1986). *Princípios de hidrologia florestal para manejo de bacias hidrográficas*. Piracicaba: ESALQ/USP, 242p.
- GARBRECHT, J.; MARTZ, L.W. (1999). *Digital elevation model issues in water resources modeling*. EI, USERS CONFERENCE, 19. San Diego. Proceedings... San Diego:1999. CD-Rom.
- OLIVEIRA, J. B. DE. (2010) *Bacias hidrográficas: aspectos conceituais, uso manejo e planejamento*. Fortaleza/CE. Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010. 267 p.
- RIGHETTO, A. M. (1998). *Hidrologia e Recursos Hídricos*. EESC/USP. São Carlos, 840 p.
- ROCHA, M. S. I.; KURTZ, M. J. M. S. (2001). *Manual de manejo integrado de bacia hidrográfica*. Santa Maria-RS: 4ª. Ed. UFSM/CCR, 302 p.
- SOUZA, C.G. et al. (2002). *Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas*. Belo Horizonte: EMATER. 124 p.
- TUCCI, C. E. M. (1993) *Hidrologia: Ciência e Aplicação*, Ed. da Universidade, Porto Alegre.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (1975). *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245 p.