

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA RIACHO NAMORADO, SÃO JOÃO DO CARIRI-PB: UMA FERRAMENTA AO DIAGNÓSTICO FÍSICO

Telma Lucia Bezerra Alves¹; Pedro Vieira de Azevedo ²; Madson Tavares Silva³

1 - Geógrafa, Mestre e Doutoranda em Recursos Naturais – UFCG – telmalu@yahoo.com.br;

2 – Professor da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas – UACA/UFCG, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. pvieira@dca.ufcg.edu.br;

3 – Especialista em Geoambiência e Recursos Hídricos – UEPB; Mestre e Doutorando em Meteorologia – UFCG - madson_tavares@hotmail.com.

Artigo recebido em 27/03/2013 e aceito em 09/10/2014

RESUMO

O presente trabalho objetivou a caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica Riacho Namorado, localizada no município de São João do Cariri-PB. Há uma necessidade de conhecer detalhadamente o ambiente físico para o planejamento das interferências antrópicas, buscando-se usos mais sustentáveis. Os parâmetros morfométricos adotados para a caracterização foram: índice de forma, hierarquia fluvial, densidade de drenagem e hidrográfica, declividade, dentre outros. A extração da rede de drenagem foi realizada automaticamente com o uso da extensão *Hydrology (Spatial Analyst)* do Software Arc Gis 9.3, a partir das imagens *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, obtidas no site da Embrapa Solos. Os valores altimétricos e de declividade também foram gerados de forma automática com o auxílio do *Software*, através do suporte de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os resultados evidenciaram que a microbacia é pequena (13,85 km²) e pouco extensa (5,6 km de curso principal), com mediana densidade de drenagem (aproximadamente 1,66 km/km²) e densidade hidrográfica (0,72 canais / km²). A hierarquia fluvial é de 2° ordem com baixa amplitude hipsométrica (130 m) e relevo predominantemente plano e suave ondulado. O índice de forma (1,71) evidenciou que a microbacia não é circular, portanto, não suscetível a enchentes, e o padrão de drenagem é dendrítico. Estes parâmetros morfométricos são relevantes para planejar o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, visando à preservação dos recursos naturais.

Palavras-chave: Geomorfologia, rios temporários, hidrologia, sensoriamento remoto.

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF WATERSHED CREEK WATERSHED NAMORADO, SÃO JOÃO DO CARIRI-PB: A TOOL TO PHYSICAL DIAGNOSIS

ABSTRACT

This study aimed to characterize the morphometric Boyfriend Creek watershed, located in the municipality of the ray tracing-PB. There is a need to know the physical environment for the planning of anthropogenic interference in detail, looking for more sustainable uses. The morphometric parameters adopted for the characterization were: shape index, river hierarchy, drainage density and drainage, slope, among others. The extraction of drainage network was performed automatically using the extension *Hydrology (Spatial Analyst)* Software Arc Gis 9.3, images from *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* obtained at Embrapa Solos site. The altimeter and slope values were also generated automatically with the help of software, through the support of a Geographic Information System (GIS). The results showed that the watershed is small (13.85 km²) and little long (5.6 km main course), with a median drainage density (approximately 1.66 km/km²) and drainage density (0.72 channels / km²). The fluvial hierarchy is 2° order with hypsometric low amplitude (130 m) and mainly flat and gently undulating. The shape index (1.71) showed that the watershed is not circular, therefore, not susceptible to flooding,

and the drainage pattern is dendritic. These morphometric parameters are relevant to plan the use and occupation of the catchment, in order to preserve natural resources.

Keywords: Geoformologia, temporary rivers, hydrology, remote sensing.

INTRODUÇÃO

O conhecimento do ambiente físico é essencial para subsidiar o processo de ocupação e manejo das bacias hidrográficas, reconhecendo áreas de fragilidade natural e potencializadas pelo antropismo. Conhecer as características morfométricas e físicas de uma unidade geoambiental permite o planejamento da ocupação do espaço de maneira mais sustentável.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei 9 433/97, reconhece a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, além dos usos múltiplos da água, do reconhecimento da água como bem finito e da gestão descentralizada e participativa desse recurso natural. As bacias hidrográficas têm sido utilizadas como unidades ambientais essenciais para a realização de estudos que avaliem as condições naturais associadas às ações antrópicas, por permitir conhecer e avaliar os seus diversos componentes, processos e interações. Tais estudos possibilitam um planejamento ambiental adequado destes ecossistemas, visando ações e intervenções ambientalmente mais equilibradas.

A Bacia hidrográfica é uma área delimitada por um divisor de águas que drena a água de chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal, ou exutório, desaguando diretamente no oceano ou num lago. As bacias podem ser desmembradas em sub-bacias, a depender do ponto de saída considerado ao longo do canal coletor. É um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo seu exutório, levando em consideração, como perdas intermediárias, os volumes evaporados e transpirados e ainda os infiltrados para as camadas mais profundas do solo. A bacia hidrográfica é dita como exorréica quando os cursos d'água correm para o mar e endorréica quando a drenagem se dá internamente no continente (ROCHA, 1997; TUCCI, 1997; GUERRA E CUNHA, 2006; ANA, 2011; TARGA et. al. 2012).

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos procedimentos mais comuns e necessários nas análises hidrológicas ou ambientais (MARINHO, 2011). As diferentes formas de relevo da superfície terrestre são oriundas da interação entre processos tectônicos, pedogênicos e intempéricos, que atuam de forma diversificada nos diferentes materiais rochosos.

Os dados morfométricos ou fisiográficos de uma bacia hidrográfica compreendem uma série de parâmetros de grande importância para o comportamento hidrológico. Estes dados podem ser levantados através da análise de mapas analógicos, ou de dados de sensoriamento remoto como, fotografias, imagens de satélites e radares (FERREIRA et. al. 2007).

É possível determinar-se vários parâmetros morfométricos de uma microbacia hidrográfica, como a ordenação dos canais fluviais, com a finalidade de estabelecer a hierarquia fluvial; o padrão de drenagem; a classificação da microbacia quanto ao seu escoamento global, a área e o perímetro das microbacias, dentre outros. Rocha (1997) destaca e explica os parâmetros considerados como principais, sendo estes os que mais se relacionam com a deterioração ambiental: comprimento dos canais superficiais, densidade de drenagem, índice de forma, amplitude altimétrica / declividade e coeficiente de rugosidade.

Devido à erosão iniciar-se nas ravinas, e considerando-se a distância da ravina ao divisor de águas, quanto maior for o valor de comprimento dos canais superficiais, maior será o perigo de erosão na microbacia. Comparativos do valor de comprimento da vazão entre microbacias são importantes para dimensionar os processos erosivos.

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais, ravinas e tributários de escoamento com a área da bacia hidrográfica. Um valor pequeno de densidade de drenagem significa rochas pouco resistentes, ou solo permeável, ou cobertura vegetal densa, ou relevo suave (concomitância possível). Um valor elevado significa rochas mais resistentes, ou solo impermeável, ou pequena cobertura vegetal, ou relevo acidentado.

O índice de forma elimina a subjetividade na caracterização da forma das bacias, apresentando significância para descrever e interpretar a forma, indicando a susceptibilidade a enchentes, quando estas forem circulares.

A amplitude altimétrica, corresponde à diferença entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto, situado em qualquer lugar da divisória geográfica; corresponde à amplitude máxima da bacia, também denominado de “relevo máximo da bacia”.

Segundo Valeriano (2008) a declividade é o ângulo de inclinação da superfície local em relação ao plano horizontal. Pode ser expressa em graus ou em porcentagem.

O coeficiente de rugosidade é expresso como número adimensional que resulta do produto entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem. É um parâmetro que direciona o uso da terra, com relação as suas características para agricultura, pecuária ou reflorestamento, observando-se a existência de conflitos quanto a este uso, de acordo com as classes estabelecidas por Sicco Smit, citado por Rocha (1997).

A apreciação de parâmetros morfométricos do relevo é de grande valia para a averiguação do quadro morfogenético e auxilia de forma objetiva o entendimento da dinâmica erosiva de uma área, oferecendo informações importantes no estabelecimento de diretrizes para o uso do solo (MARQUES NETO, 2008).

Christofoletti (1980) destaca ainda como parâmetros importantes a densidade hidrográfica e a extensão do percurso superficial. A densidade hidrográfica corresponde à relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica, cuja finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão. A extensão do percurso superficial representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis independentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem.

Ainda de acordo com o autor supracitado, a análise morfométrica de bacias hidrográficas analisa aspectos denominados lineares, areais e hipsométricos. Na análise linear são englobados os índices e relações a propósito da rede hidrográfica, cujas medições são efetuadas ao longo das linhas de escoamento. Na análise areal são englobados os parâmetros nos quais intervêm medições planimétricas. Na análise hipsométrica são estudadas as inter-relações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante a sua distribuição em relação às faixas altitudinais.

Shaw e Cooper (2007) encontraram fortes ligações entre a morfometria de bacias hidrográficas, fluxos hidro-geomorfológicos e comunidades vegetais ciliares em redes de fluxos efêmeros. Características das bacias hidrográficas condicionam o fluxo hidrológico e o alcance dos processos geomórficos, produzindo um gradiente de ambientes físicos ao longo das redes de fluxo. Ao longo deste gradiente, as divisões em todas as características ambientais, tanto na bacia hidrográfica e nas escalas de alcance, correspondem a mudanças na composição das comunidades vegetais ciliares.

Reddy et. al. (2004) relaciona parâmetros morfométricos com a gênese, profundidade, drenagem, capacidade de retenção de água disponível e propriedades de erosão dos solos na bacia do Rio Vena, na Índia. A variação espacial na profundidade do solo está associada ao tipo de relevo, morfometria e encostas existentes em uma topossequência. Faixas de profundidade muito superficiais do solo são observadas em sulcos dissecados, montes isolados, sulcos lineares, escarpas e planaltos. Solos muito profundos são encontrados nos vales. A capacidade de retenção de água dos solos varia de baixa, nas altitudes mais elevadas, a muito alta, nas

altitudes mais baixas. Terras erodidas graves e muito graves são notadas em bacias que estão em associação com alta densidade de drenagem, frequência de fluxo e taxa de textura.

Perucca e Angileri (2011) estudaram os aspectos morfométricas da bacia do del Molle, localizada na Argentina, e sua relação com a ocorrência de enchentes. Os valores obtidos para o ponto de descarga indicam um sério problema de enchentes, com descargas máximas elevadas que podem causar sérios danos a cidade situada a jusante da bacia do del Molle.

As bacias hidrográficas fornecem valiosos gradientes físicos e biológicos para avaliar os papéis das características morfométricas, de solo e pastagem relativos à influência da composição e da vegetação. Compreensão dessas relações pode contribuir significativamente para uma gestão mais sustentável das pastagens e conservação da biodiversidade em regiões áridas frágeis (AL-ROWAILY et. al. 2012).

Marques Neto et. al. (2008) estudando a morfometria do relevo na bacia do Rio da Cachoeira, floresta nacional de Passa Quatro (MG), identificou que em descarga violentamente depositada durante as fortes chuvas nos compartimentos rebaixados da bacia houve alteração drástica na natureza da contribuição de material nos diversos subsistemas, o que determinou modificações severas na morfologia dos canais fluviais e planícies de inundação.

Tonello et. al. (2006) estudando os aspectos físicos da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG identificou morfometrias diferenciadas entre as sub-bacias, principalmente em termos de declividade, exposição do terreno e declividade média do curso d'água principal, indicando um provável comportamento hidrológico também diferenciado, o que evidencia a necessidade de um manejo específico para cada uma dessas sub-bacias.

Também Zanata et. al. (2011) estudando a morfometria da microbacia hidrográfica do Córrego da Cachoeira indica que a área tem relação positiva entre infiltração e deflúvio, com menor suscetibilidade à erosão e à degradação ambiental.

Nesse contexto de análises morfométricas, o sensoriamento remoto, o geoprocessamento e os SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) são importantes ferramentas que auxiliam nos estudos de caracterização do relevo e do ambiente físico, especialmente por meio da utilização de produtos como o SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Valeriano (2005) diz que a utilização de Modelos Digitais de Elevação (MDE), obtidos por sensores orbitais representa uma alternativa de grande interesse para suprir a carência de mapeamentos, sobretudo na África, Oceania e América do Sul. Grande parte do território nacional é provido de mapeamento em escalas demasiadamente generalizadas para várias

utilizações da informação topográfica. Por este aspecto, a resolução de 90m dos dados SRTM representa um avanço importante em relação às alternativas até então disponíveis.

O SIG é uma ferramenta eficaz para a análise de dados espaciais e não-espaciais na drenagem, geologia, formas de relevo e parâmetros do solo para entender suas inter-relações. Fornece um excelente meio de armazenamento, recuperação e análise ao nível da bacia hidrográfica, para descobrir as suas associações (REDDY, 2004).

A microbacia hidrográfica Riacho Namorado, localizada no município de São João do Cariri-PB, objeto desse estudo, é uma importante área de drenagem para o aporte hídrico de vários açudes localizados ao longo do curso principal e também contribuinte importante do Rio Taperoá. Deste modo, para conservação da microbacia é necessário o conhecimento de suas características físicas, a fim de possibilitar um planejamento ambiental adequado.

Face ao exposto, o presente trabalho objetivou realizar a análise morfométrica da microbacia hidrográfica Riacho Namorado, no município de São João do Cariri-PB, evidenciando a importância das técnicas de geoprocessamento e visitas *in loco* para tal caracterização.

MATERIAL E MÉTODOS

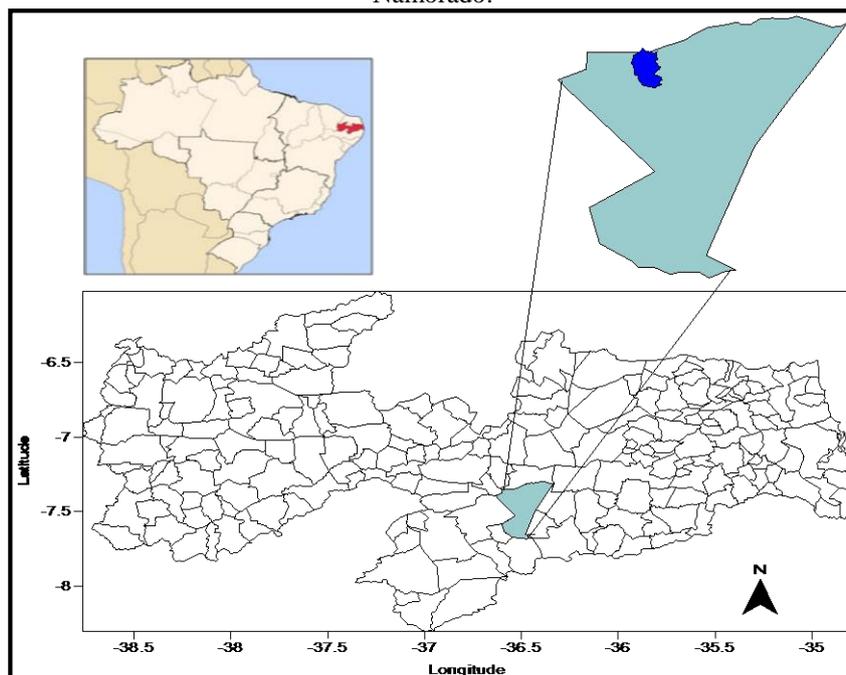
Localização Geográfica e caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada na microbacia hidrográfica Riacho Namorado, localizada no município de São João do Cariri, compreendida entre as coordenadas: latitude: 07°20'16" S, longitude: 36°33'42" W e latitude: 07°22'54" S, longitude: 36°31'39" W, no sentido Norte-Sul. O município está inserido na mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri Oriental do estado da Paraíba (Figura 1).

De acordo com a classificação climática de Koppen, o clima da região é do tipo semiárido quente (BSh), onde a temperatura média mensal do mês mais frio é superior a 18 °C, a estação chuvosa ocorre de fevereiro a abril, e a precipitação pluvial média anual é inferior a 600 mm, sendo os totais de chuva na curta estação chuvosa inferiores aos da evapotranspiração, que são, em média, 1.600 mm anuais.

Pires (2009) diz que os principais elementos da geologia e estrutura da província Borborema, na qual o município de São João do Cariri está inserido, correspondem ao complexo granito – gnáissico – migmatítico de Pernambuco-Alagoas, dentre outras localidades. Esse embasamento é cristalino de idade Pré-Cambriana, cujos terrenos destas áreas apresentam características de impermeabilidade que facilitam o escoamento superficial.

Figura 1: Localização geográfica do município de São João do Cariri-PB e da microbacia hidrográfica Riacho Namorado.



A estrutura geológica da região é Cristalina, portanto a permeabilidade é reduzida. Ocorre também na região o Complexo São Caetano, com gnaisses, megaurvaca, metavulcânica félsica a intermediária; o Complexo Sertânia com gnaisses, mármore, quartzitos, metavulcânica máfica e o Complexo Serra de Jabiatá, com ortogneiss e migmatitos dos períodos Meso e Paleoproterozóicos. A microbacia é “cortada” por contatos geológicos e o entorno por falhas ou zonas de cisalhamento transcorrente sinistral, que ocorrem de leste para oeste (CPRM, 2005).

Com relação à geomorfologia, o relevo do município apresenta-se predominantemente plano a levemente ondulado (Figura 2), tratando-se de área inserida numa superfície do território paraibano, intensamente rebaixada pelos ciclos de erosão iniciados no final do Terciário, que dissecaram perifericamente o núcleo nordestino do escudo brasileiro (TELES, 2005).

Os solos presentes, especificamente na área da microbacia, foram identificados por Chaves et al. (2002), como: Luvisolo Crômico Vértico - TC (Bruno Não-Cálcico Vértico), o Vertissolo Cromado Órtico - VC (Vertisol) e o Neossolo Litólico - RL (Solo Litólico), ocorrendo em 55,6%, 22,4% e 7,9% da área, respectivamente.

No que concerne a hidrografia, o curso d'água mais importante da microbacia hidrográfica é o Riacho Namorado, ao longo do qual existem três açudes particulares, de tamanhos variados, além do Açude Público Namorado. O Riacho Namorado é afluente direto

do Rio Taperoá, formando a Sub-bacia que compõe a bacia do Rio Paraíba. A vegetação desta unidade ambiental é formada por florestas Subcaducifólicas e Caducifólicas, nativas das áreas semiáridas com predominância da caatinga, além da algaroba e as áreas de cultivo (culturas anuais e campos de palma)

Figura 2: Aspectos da vegetação espaçada da Caatinga, com solo exposto (primeiro plano) e do relevo (segundo plano), com superfícies suavemente onduladas.



ANÁLISE MORFOMÉTRICA (LINEAR, AREAL E HIPSOMÉTRICA)

A caracterização morfométrica foi realizada com o uso do *Software ArcGIS 9.3*, permitindo em ambiente SIG, e através de fórmulas pré-estabelecidas, a obtenção dos seguintes parâmetros:

Comprimento dos canais superficiais:

$$C = L_1 + L_2 + \dots \text{ ou } C = \sum L_i \quad (1)$$

Em que: C = comprimento da vazão superficial, em km; $\sum L_i$ = somatório das distâncias (comprimentos) dos canais da microbacia, desde a desembocadura até determinada nascente. O curso d'água mais longo e de ordem mais elevada, corresponde ao rio principal.

Extensão do percurso superficial:

$$E_{ps} = D_d/2 \quad (2)$$

Onde: E_{ps} é a extensão do percurso superficial e D_d a densidade de drenagem (Christofolletti, 1980).

Densidade de drenagem:

$$D_d = L/A_b \quad (3)$$

Em que D_d é a densidade de drenagem; L_t o comprimento total dos canais e A_b a área da bacia hidrográfica. Foi utilizado como parâmetro para caracterizar a drenagem, a classificação proposta por Beltrame (1994), conforme Tabela 1:

Tabela 1: Classificação dos valores de densidade de drenagem (D_d)

Valores da densidade de drenagem D_d (km/km ²)	Qualificação da densidade de drenagem
< 0,50	Baixa
0,50 a 2,00	Mediana
2,01 a 3,50	Alta
> 3,50	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994).

Densidade Hidrográfica:

$$D_h = N/A \quad (4)$$

Em que: D_h é a densidade hidrográfica dos canais; N o número total de cursos d'água e A a área da bacia hidrográfica.

Índice de Forma:

$$K = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (5)$$

Em que: K é o índice de forma adimensional, P o perímetro da bacia (km); A é a área da microbacia em (km²). Foi proposto por Gandolfi (1971).

Amplitude altimétrica:

$$H_m = H_{\max} - H_{\min} \quad (6)$$

Em que: H_m é a amplitude altimétrica; H_{\max} é a altitude máxima e H_{\min} é a altitude mínima.

Declividade:

$$S = \frac{\Delta H}{L} \quad (7)$$

Em que: S é a declividade (m/m); H é a diferença de cota (m) entre os pontos que definem o início e o fim do canal e L é o comprimento do canal entre estes pontos.

Para o parâmetro declividade, foram estabelecidas classes de interpretação dos valores obtidos (Tabela 2)

Tabela 2: Classes de declividade

Intervalo de % de declividade	Nome atribuído (relevo)
< 3	Plano
3 - 8	Suave ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: Silva et al. (2004).

A hierarquia fluvial foi estabelecida de acordo com o método proposto por Strahler (1952), o qual estabelece que os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, os de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem, e assim sucessivamente.

Mapas Temáticos e aspectos morfométricos

A aplicação de ferramentas de geotecnologias, para caracterizar fisicamente a microbacia, foi realizada por meio do *Software ArcGIS 9.3*, disponível no Laboratório do Departamento de Geografia da UFCG (Universidade Federal de Campina Grande). Construiu-se uma base cartográfica da área de estudo para a elaboração dos mapas temáticos, em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), através de técnicas de geoprocessamento. Os aplicativos do Software, por meio de seus módulos, permitiram a extração dos parâmetros morfométricos: área, perímetro, comprimento dos rios, densidade hidrográfica e de drenagem, índice de forma, amplitude altimétrica, declividade, padrão de drenagem, extensão do percurso superficial.

Foi utilizada imagem de radar da SRTM, gerada a partir do sensor da Missão Topográfica, coordenada pela NASA (*National Aeronautics Space Administration*), copiada do site da Embrapa, diretamente do endereço eletrônico <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br/download/pb/pb.htm>>. Estas imagens possuem resolução espacial de 90 m e a cena obtida para o presente estudo foi a SB-24-Z-D. O uso das imagens de radar da SRTM são eficientes para mapeamentos do relevo por se tratar de um modelo digital de elevação. A imagem foi transformada do sistema de coordenadas geográficas WGS-84 para o *Datum* SAD 69, sendo o Sistema de Projeção utilizado o UTM (*Universal Transverso de Mercator*). Foi realizada a conversão da extensão TIFF para o formato GRID. Utilizando-se as funções do módulo *Spatial Analyst Tools – Hydrology*, foi obtida a rede de drenagem de forma automática, através da geração dos arquivos de fluxo, direcionamento e vetorial, para posterior classificação morfométrica.

O recorte da bacia e a extração das curvas de nível foram etapas realizadas para gerar o modelo digital de elevação (MDE), através do qual, com a ativação da ferramenta *Slope*, foram obtidos os intervalos percentuais da declividade do relevo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar da extensa lista de parâmetros ou índices sugeridos para o estudo analítico das

bacias hidrográficas, foram abordados neste estudo apenas aqueles considerados mais representativos para a microbacia Riacho Namorado, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros morfométricos da microbacia hidrográfica Riacho Namorado, no município de São João do Cariri-PB

Análise Linear	
Comprimento da vazão superficial	23,05 km
Comprimento do Riacho principal	5,60 km
Extensão do percurso superficial	0,30 km
Análise Areal	
Área	13,85 km ²
Perímetro	22,63 km
Padrão de drenagem	Dendrítico
Densidade Hidrográfica	0,72 canais/ km ²
Densidade de drenagem	1,66 km/ km ²
Índice de Forma	1,71
Análise Hipsométrica	
Cota máxima de altitude	566 m
Cota mínima de altitude	436 m
Amplitude altimétrica	130 m
Hierarquia Fluvial	
2º Ordem	

A análise linear evidenciou que a rede de drenagem é representada pelo Riacho Namorado, curso d'água principal, cujo comprimento é 5,6 km, orientado de leste para oeste, em função das características geológicas, sendo contribuinte direto do Rio Taperoá, formando a drenagem da sub-bacia do Rio Taperoá. Esta sub-bacia verte suas águas para a bacia hidrográfica do Rio Paraíba, sendo a microbacia, portanto, endorréica, com canais consequentes. A extensão do percurso superficial é de 300 m, representando a distância média, em metros, percorrida pelas águas pluviais entre o interflúvio e o canal permanente. De acordo com Chistofolletti (1980), a extensão do percurso superficial afeta tanto o desenvolvimento hidrológico quanto o fisiográfico da bacia de drenagem, é útil para caracterizar a textura topográfica, que expressa maior ou menor espaçamento entre os cursos de água.

Com relação à análise areal, a microbacia hidrográfica Riacho Namorado apresenta uma área de 13,85 km² e perímetro de 22,63 km. O padrão da drenagem é dendrítico, também conhecido como arborescente, porque em seu desenvolvimento assemelha-se a configuração de uma árvore e também por não apresentar nenhuma orientação preferencial ou organização sistemática. O comprimento total dos riachos foi de 23,05 km.

A densidade hidrográfica da microbacia foi de 0,72 canais/km², este parâmetro refere-se a quantidade de canais em relação a área da microbacia. A densidade de drenagem foi de 1,66 km/km², sendo a microbacia considerada de mediana densidade. Assim, a microbacia está sujeita a um processo erosivo mais intenso, sendo necessário um planejamento conservacionista ligado a utilização do solo e Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo da rede de

drenagem da microbacia. Pissarra et al. (2004) diz que em locais onde a infiltração é mais dificultada, ocorre maior escoamento superficial, sendo possível maior esculturação da rede hidrográfica, tendo como consequência uma densidade de drenagem mais alta.

Segundo Cardoso et. al. (2006), a densidade de drenagem é fator relevante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma microbacia. Rodrigues et al. (2008) citam que, quanto maiores esses valores mais intenso é o processo erosivo.

O escoamento intermitente é uma das principais características do semiárido brasileiro, devido às baixas precipitações, elevadas taxas de evaporação e evapotranspiração, baixa permeabilidade e elevado escoamento superficial, ocasionando condições hídricas adversas em que os leitos dos rios ficam perenizados apenas na estação chuvosa, quase sempre entre os meses de fevereiro e abril (Maltchik, 1999). Nesse contexto, Medeiros et al. (2011) apresenta o conceito de vazão ecológica, como sendo a vazão necessária para manter as funções que mantêm o mosaico de biótopos que compõem o rio, nos seus leitos maiores e menores, porém ressalva que o conceito de vazão ecológica não pode ser plenamente aplicado a rios intermitentes, devido às diferenças entre a natureza destes.

O índice de forma obtido para a microbacia foi de 1,71, sendo que o menor valor possível a ser encontrado para essa relação é 1,0 valor que corresponderia a uma bacia circular e, conseqüentemente, suscetível a enchentes. Portanto a microbacia, do ponto de vista natural, ou seja, em condições normais de precipitação, excluindo-se eventos de intensidade extrema, apresenta baixa susceptibilidade a ocorrência de enchentes. Assim, há uma indicação de que a bacia não possui forma circular, possuindo, portanto, uma tendência a forma retangular ou alongada.

A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação. Quanto maior o tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características (VILLELA e MATTOS, 1975; CARDOSO et. al. 2006).

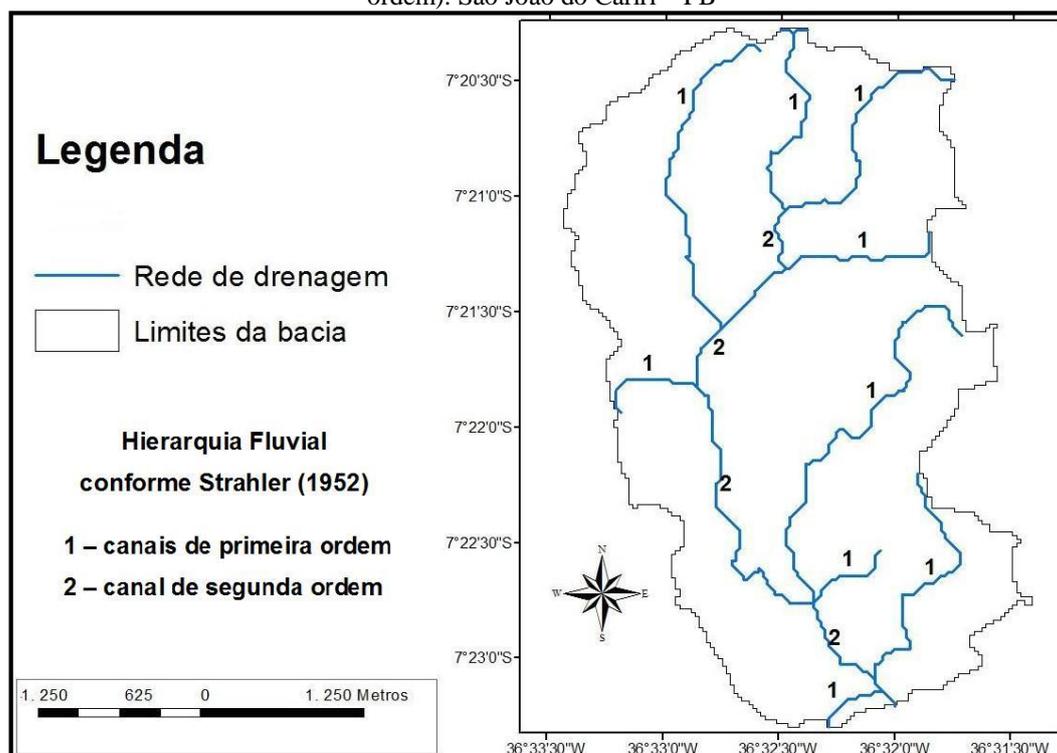
Zanata et.al. (2011) afirmam que com esse menor risco a enchentes acentuadas, a tendência é a de menor risco de assoreamentos dos cursos d'água e, conseqüentemente, da degradação ambiental da rede de drenagem.

Quanto aos reservatórios de água foram identificados na microbacia quatro açudes de menor porte a montante do Açude Namorado. Três destes encontram-se nas terras da Fazenda Contendas e um na Fazenda Malhada da Ema. Estes reservatórios não resistem a longos

períodos de estiagens, tendo suas reservas hídricas consumidas e evaporadas. Essa concentração de pequenos açudes, característica do semiárido brasileiro, dificulta e retarda o abastecimento de água do Açude Namorado devido à localização destes reservatórios a montante do mesmo, provocando uma ineficiência hidráulica.

A hierarquia fluvial é composta por um curso principal de 2º ordem, de acordo com a classificação de Strahler (1952), possui um sistema de drenagem com boa ramificação e grande quantidade de tributários, conforme Figura 3.

Figura 3: Representação da hierarquia fluvial da microbacia hidrográfica Riacho Namorado (Cursos de 1º e 2º ordem). São João do Cariri – PB



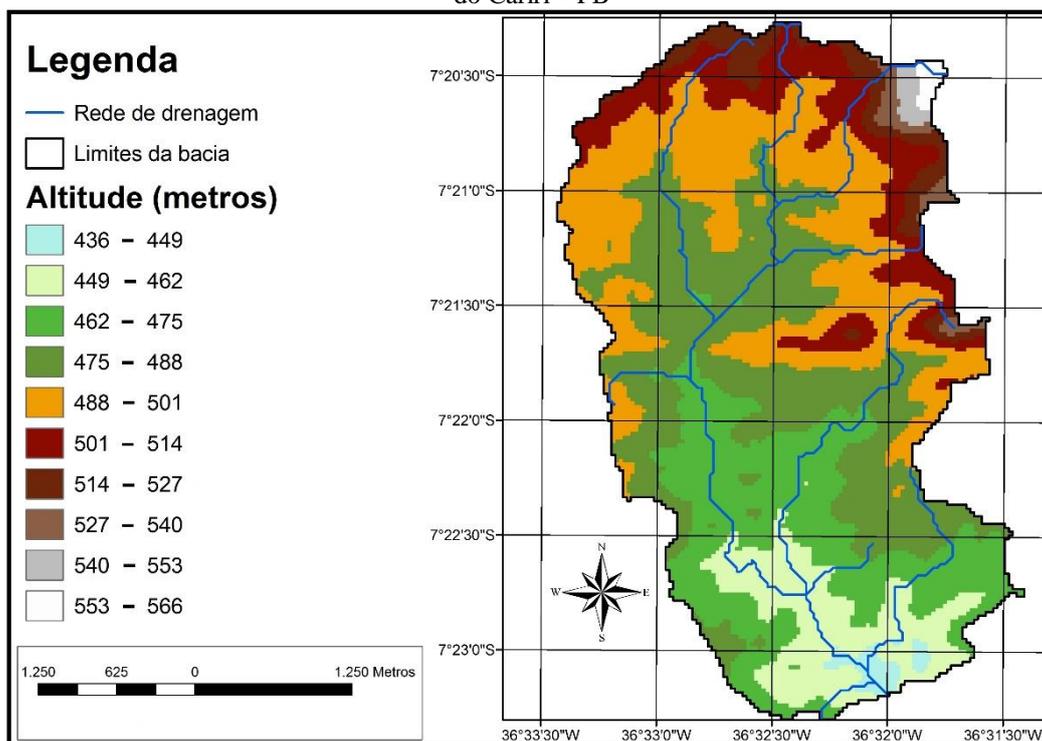
Na Figura 4 observa-se o modelo digital de elevação (MDE) para a microbacia Riacho Namorado, onde são observadas as altitudes máximas e mínimas. Ressalta-se que as áreas mais elevadas estão localizadas no sentido nordeste e centro leste da microbacia. As áreas de menor altitude localizam-se no espaço da bacia hidráulica do Açude, onde foi feito o barramento do curso d'água principal, o Riacho Namorado. A variação altimétrica apresenta cotas entre 566 m a montante e 436 m a jusante e amplitude altimétrica de 130 m.. As cotas de maior altitude constituem importantes divisores de água. Como a microbacia apresenta área relativamente pequena, não apresentou amplitude altimétrica elevada como aquela encontrada por Marinho (2011) para a bacia do alto curso do Rio Paraíba, cujo valor foi 845m, com cota máxima de 1.170 m de altitude, para uma área de 12. 386 km².

Silva et. al. (2014) em estimativa dos parâmetros biofísicos para a microbacia

hidrográfica Riacho Namorado identificaram que nas áreas mais elevadas ocorrem os maiores valores de índices de vegetação: índice de vegetação por diferença normaliza (IVDN), índice de vegetação para ajustamento do solo (IVAS) e índice de área foliar (IAF) e inversamente os valores mais baixos de albedo da superfície.

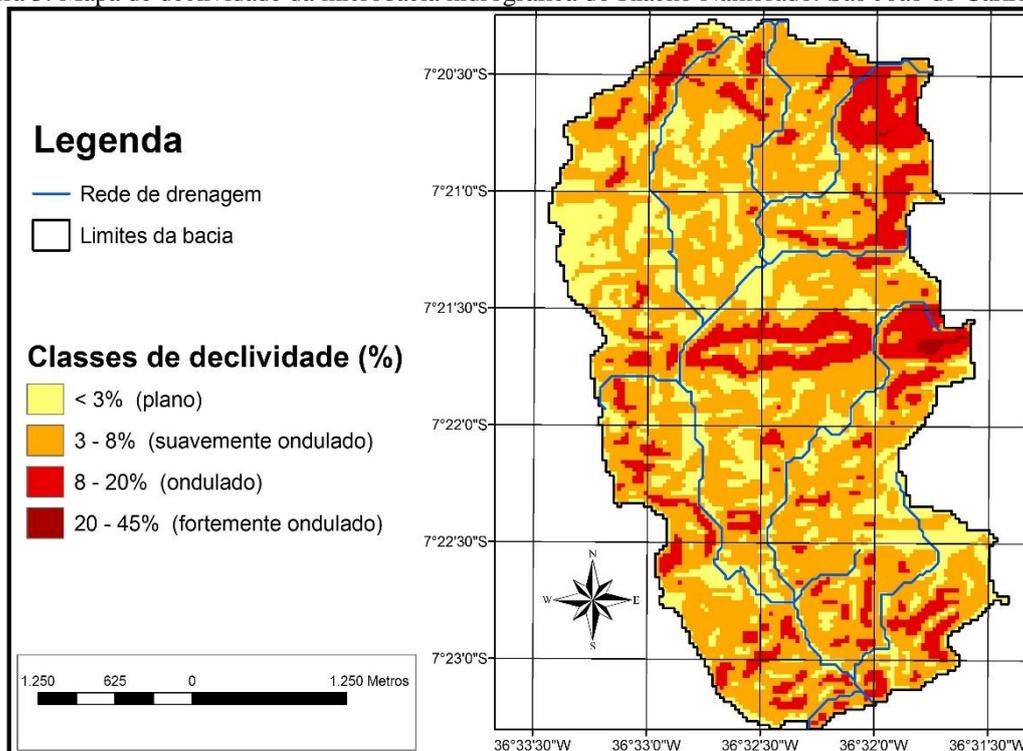
A declividade caracteriza um relevo predominantemente plano e suave ondulado, cujas declividades estão entre 0 e 8% (Figura 5). Entretanto, em pequenas porções pontuais mais elevadas, como a porção nordeste da microbacia, o relevo é fortemente ondulado, apresentando declividade entre 20 e 45%, evidenciando os pontos culminantes em serras de um relevo forte ondulado.

Figura 4: Modelo Digital de Elevação (hipsométrico) da microbacia hidrográfica do Riacho Namorado. São João do Cariri – PB



Nas áreas onde a declividade é mais elevada há uma suscetibilidade natural ao processo erosivo (PRUSKI et. al. 2004). Os interflúvios correspondem às áreas mais declivosas, permitindo concluir que há maior velocidade de escoamento superficial e, não havendo cobertura vegetal nas encostas, característica esta predominante durante a estação seca no semiárido brasileiro, a erodibilidade é acentuada nessas áreas, contribuindo também para a eutrofização dos reservatórios existentes na microbacia. A vegetação da Caatinga é caracterizada por perder suas folhas na estação seca, ficando rala e esparsa, diminuindo a interceptação das gotas da chuva, somando-se a este aspecto uma declividade acentuada, é potencializado o processo de perda e carreamento de solo.

Figura 5: Mapa de declividade da microbacia hidrográfica do Riacho Namorado. São João do Cariri – PB.



Alves e Azevedo (2013) em estudo realizado para esta microbacia observaram que o índice de erosividade apresenta boa correlação com o coeficiente de precipitação, evidenciando maiores valores nos meses que coincidem com o trimestre mais chuvoso (fevereiro-março-abril).

A partir das características do relevo, observa-se que há uma orientação da drenagem (canais, ravinas e tributários) no sentido leste-oeste, havendo uma contribuição prioritária desta porção para o curso principal da microbacia.

Almeida et. al. (2010) dizem que as ramificações e ordens hierárquicas dos contribuintes ao exutório aumentam em bacias com substrato cristalino predominante; quanto ao relevo, encontrou para a bacia do Riacho Desterro, também localizada na mesorregião da Borborema, características predominantemente planas a suave onduladas.

O relevo e a declividade da microbacia, aliados ao fator erosivo da precipitação e a retirada da vegetação natural (Caatinga) utilizada como fonte energética na região, tem conduzido o ambiente a uma degradação ambiental evolutiva. A não conservação da cobertura vegetal nas áreas de cimeira, acima de 500 m, bem como nas margens dos cursos d'água que formam a rede de drenagem, comprometem a estabilidade do ambiente físico na microbacia Riacho Namorado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações derivadas dos parâmetros morfométricos ou associadas a estes são de grande importância à gestão ambiental por permitirem um planejamento mais adequado do ambiente físico.

A análise morfométrica da microbacia hidrográfica Riacho Namorado, no município de São João do Cariri-PB, permitiu concluir que:

A microbacia hidrográfica é pouco extensa, com baixa densidade de drenagem e hidrográfica. A hierarquia fluvial é de 2º ordem, com baixa amplitude hipsométrica.

O índice de forma apresentou que a microbacia não é circular, portanto, não suscetível a enchentes e o padrão de drenagem é dendrítico. A classe de relevo predominante na microbacia hidrográfica caracteriza-se pelas áreas planas e suavemente onduladas.

Estes parâmetros morfométricos devem ser utilizados para planejar o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Estudos complementares devem ser realizados nesta microbacia, visando identificar as formas de intervenções humanas já existentes, mensurando as modificações nas características fisiográficas decorrentes das atividades antrópicas de apropriação do espaço.

REFERÊNCIAS

- AL-ROWAILY, S. L.; EL-BANA, M. I. EAL DUJAIN, F. A. R. Changes in vegetation composition and diversity in relation to morphometry, soil and grazing on a hyper-arid watershed in the central Saudi Arabia. *Catena, Arabia Saudita*, n.97, p. 41-49, 2012.
- ALMEIDA, N. V.; CUNHA, S. B. da; NASCIMENTO, F. R.; APOLINÁRIO, O. Caracterização Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Riacho Desterro no cariri e alto sertão paraibano. In: III ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 3, 2010, Recife-PE. Anais... Ed. da UFPE, 2010.
- ALVES, T. L. B. e AZEVEDO, P. V. de. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB). *Ambiência Guarapuava (PR)*, v.9, n.1, p. 13 - 23. 2013.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: informe 2011. Disponível em: < <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 10 out. 2012.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 25 out. 2012.
- BELTRAME, A. V. Diagnóstico do meio físico em bacias hidrográficas: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994. 112 p.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista *Árvore*, v.30, p.241- 248, 2006.

CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A. C. F.; SILVA, A. P. P. Salinidade das Águas Superficiais e Suas Relações com a Natureza dos Solos na Bacia Escola do Açude Namorado e Diagnóstico do Uso e Degradação das Terras - RELATÓRIO TÉCNICO, UFPB, Campina Grande, v. 1, 114 p, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo. Edgard Blücher, 1980. 188 p.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil – Projeto Cadastro de Fontes de abastecimento por água subterrânea – Diagnóstico de Fontes do município de São João do Cariri/ PB.

Recife: CPRM/ PRODEEM, 2005, 19 p.

FERREIRA, D. S.; RIBEIRO, C. A. D.; XAVIER, A. C.; CECILIO, R. A.; CASTRO, F. da S. Utilização de dados de sensoriamento remoto para obtenção das características físicas da Bacia Hidrográfica do Córrego João Pedro em Linhares – Espírito Santo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 13, 21-26 abril 2007, Florianópolis. Anais ... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 3343-3348.

FONSECA NETO, F de D.; BRAGA, A. L.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, J; C de. Uso dos Sistemas de Informações Geográficas na Determinação das Características Físicas de uma Bacia Hidrográfica In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 13, 21-26 abril 2007, Florianópolis. Anais ... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2581-2588.

GANDOLFI, P. A. Investigações sedimentológicas, morfométricas e físió-químicas nas bacias do MojiGuaçu, do Ribeira e do Peixe. 1971. Tese (Livre Docência). Departamento de Geologia e Mecânica dos Solos, EESC-USP, São Carlos, SP. 1971. Recife/PE. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. Geomorfologia e Meio Ambiente. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 392 p.

MALTCHIK, L. Ecologia de Rios Intermitentes Tropicais. In: POMPEO, M. L. M. Perspectivas na Limnologia do Brasil. São Luís: Gráfica e Editora União, 1999. 198 p.

MARINHO, C. F. C. E. Caracterização hídrica e morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. 2011. 67 f. Monografia (Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido) Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011.

MARQUES NETO, R.; GONÇALVES, F. da S.; CONCEIÇÃO, R. M. da; FERNANDES, F. da S. VIEIRA, J. R. M. SIMAS, N. G. Morfometria do relevo na bacia do rio da cachoeira no contexto do plano de manejo da floresta nacional de passa quatro (MG). RA E GA, Curitiba, n. 16, p. 119-128, 2008.

MEDEIROS, P. C.; SOUZA, F. A. S.; RIBEIRO, M. M. R. Aspectos conceituais sobre o regime hidrológico para a definição do hidrograma ambiental. *Amби-Agua*, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 131-147, 2011.

PERUCCA, L. P. ANGILIERI, Y. E. Morphometric characterization of del Molle Basin applied to the evaluation of flash floods hazard, Iglesia Department, San Juan, Argentina. *Quaternary International*, v 233, p. 81-86, 2011.

PIRES, F. R. M. Arcabouço Geológico. In: CUNHA, S. B. da & J. A. T. GUERRA. (Orgs.) *Geomorfologia do Brasil*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2009. 392 p.

PISSARRA, T. C. T., POLITANO, W. e FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). *Revista Brasileira Ciência do Solo*. Viçosa, v. 28 (2), p. 297-305, 2004.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. dos S. SILVA, D. D. da. *Escoamento Superficial*. 2 ed. Viçosa: UFV, 2004.

REDDY, G. P. O.; MAJI, A. K.; GAJBHIYE, K. S. Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India – a remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 6, p. 1–16, 2004.

ROCHA, J. S. M. *Manual integrado de bacias hidrográficas*. Santa Maria: Edições da UFSM, 1997, 446 p.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPO, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego da fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP. *Irriga*, v.13, p.310-322, 2008.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E. e CAMARGO, P. B. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: RiMA, 2004. 140 p.

SILVA, A. M.; SILVA, R. M. ; SILVA, B. B. Estimativa de parâmetros biofísicos em diferentes tipos de uso e ocupação do solo no semiárido paraibano. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento e XXV Expositiva, 2014, Gramado - RS. XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, Anais... 2014. v. 1. p. 1-12.

SHAW, J. R. e COOPER, D. J. Linkages among watersheds, stream reaches, and riparian vegetation in dryland ephemeral stream networks. *Journal of Hydrology*, n. 350, p.68–82, 2007.

STRAHLER, Arthur N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. *Geological Society America Bulletin*. n. 63, p. 1117-1142, 1952.

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. D.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. *Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. Ambi-Agua, Taubaté*, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012.

TELES, M. M. F. Cobertura vegetal do município de São João do Cariri - PB: I – Distribuição espacial da Caatinga II – Uso de lenha como fonte de energia. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhães – MG. Revista *Árvore*, v.30, p.849-57, 2006.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia - ciência e aplicação. Editora da Universidade (UFRGS) /Edusp/ ABRH. Porto Alegre, 1997. 944 p.

VALERIANO, M. de M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM Para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 7, 16-21 abril 2005, Goiânia. Anais... INPE, 2005. p. 3595-3602.

VALERIANO, M. de M. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, Teresa Gallotti (org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008. 320 p.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. 1975, Hidrologia Aplicada. Editora Mc Graw Hill, São Paulo. 245p.

ZANATA, M.; PISSARRA, T. C. T.; ARRAES, C. L.; RODRIGUES, F. M. & CAMPOS, S. Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.10, p.1062–1067, 2011.