IV CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER - PDVAgro 2019

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA EXPERIMENTAL DO IFMA – CAMPUS CODÓ

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA CUENCA DE AGUA EXPERIMENTAL IFMA - CAMPUS CODÓ

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF IFMA EXPERIMENTAL WATER BASIN - CAMPUS CODÓ

Apresentação: Comunicação Oral

GOMES, Francisco Mateus Medina¹; SILVA, Clélia Brasil Soares Da²; SIMPLICIO, Antonio Alisson Fernandes³;

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0032>

Resumo

As bacias hidrográficas são áreas que precisam ser preservadas para uma boa qualidade de vida dos indivíduos que vivem próximos a ela, sendo sua caracterização de suma importância. Desta forma esta pesquisa visa o delineamento, caracterização e mapeamento da Bacia Hidrográfica Experimental do IFMA – Campus Codó (BHEIC), na qual nunca houveram estudos de caráter descritivos e ambientais objetivando, assim, que todos que residem próximos possam preservá-la. Com base em conceitos e técnicas aplicadas ao geoprocessamento de imagens, foi possível realizar este estudo de forma coerente e com um alto grau de confiança nos dados obtidos. As imagens espaciais com dados de elevação de terreno (Shuttle Radar Topography Mission - SRTM) da área da bacia foram adquiridas através do site da United States Geological Survey (USGS) de forma gratuita. Através de técnicas de geoprocessamento, foram avaliadas as seguintes características da bacia: Área, perímetro, Coeficiente de Compacidade, Fator de Forma, índice de circularidade, Densidade de Drenagem, Densidade da Rede de Drenagem, Extensão Média do Escoamento Superficial, Sinuosidade do Curso D'água Principal e Declividade do Curso D'água Principal. Foi constatado que a bacia experimental do Instituto Federal do Maranhão possui uma forma alongada sendo pouco susceptível a enchentes, é uma bacia com baixa capacidade de drenagem possuindo apenas rios de até segunda ordem com poucas ramificações, de acordo com o perfil longitudinal e a baixa declividade do rio principal a BHEIC possui características de planícies. Os dados encontrados na pesquisa são valiosos para um melhor planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos da bacia.

Palavras-Chave: Bacia hidrográfica; Preservação; Geoprocessamento.

¹ Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal Do Maranhão–Campus Codó, mateus.medina@acad.ifma.edu.br.

² Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal Do Maranhão–Campus Codó, claliabrasil2017@gmail.com

³ Prof. Me. em Ciência do solo, Instituto Federal Do Maranhão–Campus Codó, antonio.simplicio@ifma.edu.br

Resumen

Las cuencas hidrográficas son áreas que necesitan ser preservadas para una buena calidad de vida para las personas que viven cerca de ellas y su caracterización es de suma importancia. Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo esbozar, caracterizar y mapear el IFMA - Campus Codó Experimental Basin (BHEIC), en el que nunca ha habido ningún estudio descriptivo y ambiental con el objetivo de preservarlo. Basado en conceptos y técnicas aplicadas al geoprocesamiento de imágenes, fue posible realizar este estudio de manera coherente y con un alto grado de confianza en los datos obtenidos. Las imágenes espaciales de la Misión de Topografía por Radar del Transbordador Espacial (SRTM) del área de la cuenca fueron adquiridas a través del sitio web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) de forma gratuita. Mediante las técnicas de geoprocesamiento, se evaluaron las siguientes características de la cuenca: área, perímetro, coeficiente de compacidad, factor de forma, índice de circularidad, densidad de drenaje, densidad de la red de drenaje, longitud media de escurrimiento superficial, sinuosidad del curso D 'Agua principal y pendiente del curso principal de agua. Se encontró que la cuenca experimental del Instituto Federal de Maranhão tiene una forma alargada y es poco susceptible a las inundaciones, es una cuenca con baja capacidad de drenaje que tiene solo ríos de hasta segundo orden con pocas ramas, de acuerdo con el perfil longitudinal y la baja pendiente. del río principal BHEIC tiene características de llanuras. Los datos encontrados en la encuesta son valiosos para una mejor planificación ambiental y gestión de los recursos hídricos en la cuenca.

Palabras Clave: Cuenca hidrográfica; Preservación; Geoprocesamiento.

Abstract

Watersheds are areas that need to be preserved for a good quality of life for individuals living near them and their characterization is of paramount importance. Thus, this research aims to outline, characterize and map the IFMA - Campus Codó Experimental Basin (BHEIC), in which there have never been any descriptive and environmental studies aiming at preserving it. Based on concepts and techniques applied to image geoprocessing, it was possible to conduct this study coherently and with a high degree of confidence in the obtained data. Space Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) spatial images of the basin area were acquired through the United States Geological Survey (USGS) website free of charge. Through geoprocessing techniques, the following basin characteristics were evaluated: Area, perimeter, Compactness Coefficient, Shape Factor, Circularity Index, Drainage Density, Drainage Network Density, Mean Surface Runoff Length, Course D Sinuosity 'Main water and slope of the Main Watercourse. It was found that the experimental basin of the Federal Institute of Maranhão has an elongated shape and is little susceptible to flooding, is a basin with low drainage capacity having only rivers of up to second order with few branches, according to the longitudinal profile and low slope from the main river BHEIC has characteristics of plains. The data found in the survey are valuable for better environmental planning and management of water resources in the basin.

Keywords: Hydrographic basin; Preservation; Geoprocessing.

Introdução

Bacias hidrográficas têm sido amplamente utilizadas como elementos primordiais para os estudos ambientais, especialmente devido à possibilidade de agregação dos componentes geoambientais e, por consequente, compreender a paisagem de maneira sistêmica. O uso da bacia hidrográfica como unidade de análise tornou-se elemento essencial ao planejamento ambiental. Logo, compreendendo-se sua dinâmica é possível executar a elaboração de adequado planejamento ambiental, indicando áreas compatíveis com desenvolvimento de atividades socioeconômicas (SANTOS et. al., 2017).

A gestão de recursos hídricos baseada no recorte territorial das bacias hidrográficas ganhou força no início dos anos 1990 quando os Princípios de Dublin foram acordados na reunião preparatória à Rio-92. Diz o Princípio n.1 que a gestão dos recursos hídricos, para ser efetiva, deve ser integrada e considerar todos os aspectos, físicos, sociais e econômicos. Para que essa integração tenha o foco adequado, sugere-se que a gestão esteja baseada nas bacias hidrográficas (WMO, 1992).

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais corriqueiros procedimentos realizados em análises hidrológicas ou ambientais, tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO et. al., 2007).

A degradação ambiental representa a perda, destruição dos recursos naturais renováveis por condições naturais e ações humanas sobre o ambiente. Essa degradação pode ocorrer em áreas urbanas e rurais. Nas áreas rurais, os principais problemas causados pelo uso da terra, em detrimento dos limites e riscos imposto pela natureza, têm provocado intensos processos erosivos, assoreamentos e desertificação, acentuando o problema da fome e seca (CUNHA; GUERRA, 2011).

É preciso criar pontes entre o conhecimento geomorfológico organizado, a chamada geomorfologia sistêmica, que permite a identificação das entidades que compõem o relevo terrestre, a perspectiva sistêmica, e o geoprocessamento de dados, que viabiliza o tratamento dos dados geomorfológicos de forma integrada, colocando-os dentro do contexto ambiental, através dos modelos digitais do ambiente. (XAVIER DA SILVA, 1992).

Neste contexto, a Bacia Hidrográfica Experimental do IFMA – Campus Codó (BHEIC) carece de análises sobre suas características para que a instituição e as comunidades

circunvizinhas, aproveitem melhor os seus recursos naturais sem que exerçam danos significativos como desmatamento, queimadas e poluição na bacia hidrográfica.

Portanto, esta pesquisa tem como objetivo analisar, caracterizar e delimitar a Bacia Hidrográfica Experimental do IFMA – Campus Codó através de técnicas de geoprocessamento gerando mapas para a instituição e as comunidades vizinhas para que assim haja um empenho de todos na preservação e/ou prevenção do meio ambiente.

Fundamentação Teórica

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como a área da superfície do terreno drenada por um rio principal e seus afluentes. Ela representa a captação natural da água precipitada que corre superficialmente, está em contato com as águas subterrâneas e dirige o escoamento para um único ponto de saída, o exutório. É demarcada pelos divisores de água, a partir da definição de um dado ponto no canal principal. Sua demarcação tradicional se dá por meio de uma carta topográfica ou de modo digital, utilizando-se processos automatizados (NOVO, 2008). Cujo os principais processos para esta delimitação são aqueles baseados no geoprocessamento com a utilização de geotecnologias como, Drones, sistemas de informações geográficas, banco de dados geográficos disponibilizados na internet, softwares e etc.

A utilização de softwares de geoprocessamento concede excelentes métodos para administração e caracterização ambiental dos lugares mais frágeis e de proteção legal, ressaltando-se no sentido de alcançar soluções aos vários assuntos sobre planejamento ambiental e cooperando no planejamento das ações de órgãos públicos e empresas privadas (CHALIER; QUINTALE JUNIOR, 2004).

A análise de bacias hidrográficas começou a apresentar caráter mais objetivo a partir de 1945, com a publicação do notável trabalho do engenheiro hidráulico Robert E. Horton, que procurou estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias. A Horton cabe a primazia de efetuar a abordagem quantitativa das bacias de drenagem, e o seu estudo serviu de base para nova concepção metodológica e originou inúmeras pesquisas por parte de vários seguidores. Não é justo que se esqueça, na utilização e expansão dessa nova perspectiva, da influência exercida por Arthur N. Strahler e dos seus colaboradores da Universidade de Colúmbia (CRISTOFELETTI, 1969)

Geoprocessamento tem por definição “ciência do tratamento numérico de informação geográfica”, ou como um conjunto de tecnologias destinado à coleta e tratamentos de

informações espaciais, ou seja, engloba toda atividade de processamento de dados georreferenciados (CHALIER; QUINTALE JUNIOR, 2004, p. 29).

As Geotecnologias surgiram como métodos de extrema importância, pois são as tecnologias associadas com todas as etapas do Geoprocessamento – coleta; armazenamento; análise e uso integrado da informação – principalmente as tecnologias relacionadas ao Sensoriamento Remoto e ao Sistema de Informações Geográficas (SIG), que vêm apresentando papel estratégico neste ramal da ciência e em praticamente todas as outras áreas do conhecimento (CASIMIRO, 2000, FLORENZANO, 2002; 2005). Outro cunho fundamental do geoprocessamento é a sua capacidade de suporte à decisão, já que permite conciliar uma série de dados para obter informações que colaboram no planejamento e gerenciamento do território (CAVALCANTE et al., 2010).

Estas geotecnologias propiciam o estudo e o monitoramento de imensas áreas de modo sistemático, constituindo diversas informações em uma base de dados. Desta forma essas tecnologias têm se tornado importantes ferramentas na detecção de danos ambientais, pois viabilizam análises profundas através da incorporação de informações diversas de diferentes origens e de maneira integrada, permitindo uma extensa visão da dinâmica dos elementos que constituem determinada área (CASTRO; WATRIN, 2013).

Onde os parâmetros mensurados são: **Área** – Tamanho total da bacia; **Perímetro** – “linha” que delimita a bacia, é a soma de todos os lados da bacia; **Coefficiente de Compacidade (Kc)** - É a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, sendo portanto, adimensional; **Fator de Forma (Kf)** - Expressa a relação entre largura média da bacia e o seu comprimento axial; **Classificação de drenos** – Para esta classificação será o utilizado de Strahler; **Densidade de Drenagem** – Reflete as condições topográficas e pedológicas da bacia hidrográfica. É a relação entre o comprimento total dos drenos ($\sum L$) e a área da bacia hidrográfica; **Densidade da rede de Drenagem** – Representa a relação entre o número de drenos e a área da bacia; **Extensão média do Escoamento Superficial** – Relaciona a densidade de drenagem com o comprimento médio lateral da rede de drenagem; **Sinuosidade do Curso D'água Principal** – Relação entre comprimento do dreno principal e o comprimento de seu talvegue (L_t), medido em linha reta; **Declividade do Curso D'água Principal** – este parâmetro é de suma importância para o manejo de bacias hidrográficas, pois influencia diretamente na velocidade de escoamento da água do dreno principal da bacia e, conseqüentemente, no tempo de concentração da mesma. Para este

parâmetro será utilizado o método baseado na média harmônica ponderada da raiz quadrada das declividades dos diversos trechos retilíneos, tomando-se como peso a extensão de cada trecho (MELLO & SILVA, 2013).

O levantamento de informações georreferenciadas são realizadas para delinear os espaços territoriais especialmente aqueles protegidos, como áreas de preservação permanente e reserva legal, construindo uma espécie de mapa digital para o controle, monitoramento, planejamento e recuperação ambiental da área (VIGLIAR; LOPES, 2015).

Metodologia

O presente experimento foi conduzido na bacia hidrográfica experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Campus Codó (Figura 1), localizado na Região dos Cocais Maranhenses, no qual possui as coordenadas geográficas de 4°27'19" S de latitude e 43°53'08" W de longitude, com altitude de 47 m.

Figura 1 – Mapa de Localização Da Bacia Hidrográfica do IFMA

O programa que será utilizado para o processamento dos dados da bacia hidrográfica do IFMA Codó, será o QGIS Quantum Gis (QGIS) versão 2.18.13, pois se trata de um software livre, o mesmo atende bem os princípios do TSGA (Tecnologias Sociais para Gestão da Água), o caracterizando com um dos mais recomendados para esse tipo de estudo. O QGIS foi criado em 2002 e é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), (RISTOW, 2014).

As técnicas a serem usadas como referência serão as seguintes publicações: Barbeti et al (2012), *Elaboração de Mapas Temáticos no QUANTUM GIS*, e, o tutorial: “*QGIS TUTORIAL 1: HOW TO REFERENCE A MAP*” (autor e data da publicação desconhecidos), ambas adaptadas, visto que, separadamente, não ofereceriam o suporte necessário para o almejado georreferenciamento (SILVA, 2014).

✓ **Características morfométricas da Bacia Hidrográfica**

Foram adquiridas imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) da área a ser estudada com resolução espacial de aproximadamente 30 metros com resolução de 1 segundo de arco (**Entity ID:** SRTM1S05W044V3), imagem publicada em 23-Setembo-2014, através do site da USGS (United States Geological Survey). Com a auxílio do Software QGIS as imagens serão processadas e gerados dados necessários para a caracterização morfométrica da Bacia em Estudo.

A Área e o perímetro da Bacia serão determinados através das imagens SRTM. Os demais parâmetros serão definidos com as seguintes equações:

$$\text{Coeficiente de Compacidade (Kc): } Kc = 0,28 * (P/\sqrt{A})$$

Onde; Kc - Coeficiente de compacidade; P - Perímetro em m; A - Área de drenagem em m². De acordo com Cardoso et al. (2006), o coeficiente de compacidade (Kc) é um valor que relaciona a forma de uma bacia a um círculo e quanto mais irregular for a bacia, maior será o seu Kc. Para eles, as bacias que apresentam forma circular têm o Kc próximo à unidade e, aquelas com forma alongada, apresentam valor superior a “1”. Ainda para os autores, as bacias mais suscetíveis a eventos de enchentes são aquelas que o Kc estiver próximo à unidade

$$\text{Fator de Forma (Kf): } Kf = A/L^2$$

Onde; L – L é o comprimento da bacia, dado pelo comprimento do curso d’água mais longo da bacia (cabeceira até a desembocadura) e A é a área da bacia. Kf é adimensional. O

fator de forma pode assumir os seguintes valores e respectivas interpretações: 1,00 – 0,75: sujeito a enchentes; 0,75 – 0,50: tendência mediana a enchentes e; $\leq 0,50$: menor tendência a enchentes.

Müller (1953) menciona que o índice de circularidade representa a relação existente entre o perímetro da bacia e a área que possui. Para determinação do Ic utilizou-se a seguinte equação:

$$IC = 12,57 \cdot A / P^2$$

onde Ic é o índice de circularidade (adimensional), A é a área de drenagem (m²) e P o perímetro (m). o Índice de Circularidade (IC) tende a unidade na medida em que a forma da bacia se aproxima de um círculo e, diminui assim que a forma se torna alongada.

$$\text{Densidade de Drenagem (Dd): } Dd = \sum L / A_{BH}$$

Onde; $\sum L$ – comprimento total dos drenos e A_{BH} é a área total da bacia hidrográfica. Para Christofletti (1980), o estudo da Densidade de Drenagem (Dd) dos sistemas hídricos indica maior ou menor velocidade de circulação da água dentro de uma bacia, indicando a eficiência da drenagem no sistema.

$$\text{Densidade da Rede de Drenagem (DR): } DR = N / A_{BH}$$

Onde; N é o número de drenos e A_{BH} é a área total da bacia hidrográfica. Sendo uma indicação do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem.

$$\text{Extensão Média do Escoamento Superficial (Cm): } Cm = 1 / 4 \times Dd$$

Em que Cm é obtido em km se a densidade de drenagem estiver expressa em km km⁻². É definida como a distância em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento ocorresse em linha reta desde onde caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia (VILELA; MATOS, 1975).

$$\text{Sinuosidade do Curso D'água Principal (S): } S = L / Lt$$

Onde; Lt é o comprimento do talvegue do dreno principal. O Índice de Sinuosidade (Is) de um rio é a relação entre a distância da desembocadura e a nascente mais distante

(equivalente vetorial), medida em linha reta (Lt) e o comprimento do canal principal (L). Segundo Moura (2013), este índice pode ser utilizado para a determinação da tendência a enchentes, em que os valores menores que 1,40 são considerados altos; entre 1,40 e 1,75 Moderados; e maiores que 1,75 Baixos, em relação à probabilidade de ocorrência de enchentes nas planícies dos rios, respectivamente.

Declividade do Curso D'água Principal (D): $D_i = \text{dni}/L_i$

Onde; dni é a diferença de cotas entre as extremidades de cada trecho; Li é o comprimento do respectivo trecho (MELLO & SILVA, 2013).

Resultados e Discussão

A análise morfométrica pode ser vista como um relevante instrumento para coletar informações necessárias ao planejamento e gestão dos recursos hídricos de uma bacia, o que possibilita realizar um diagnóstico aprofundado de suas condições ambientais (GOMES et al., 2014).

Os parâmetros Morfométricos calculados da BHEIC estão dispostos na tabela 1, na tabela são informados os parâmetros, as equações de cada parâmetro, quando existirem, o resultado encontrado para a Bacia em estudo e unidade de medida, quando esta existir.

Tabela 1 – Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do IFMA – Campus Codó

DADOS OBTIDOS	EQUAÇÃO	BACIA	UNIDADE
Perímetro (P)	-	9,007	Km
Área (A)	-	218,296	Ha
Comprimento do Rio Principal (L)	-	1902,6	m
Comprimento total dos drenos $\sum L$	-	4577,5	m
Número de drenos	-	13	-
Cota maior	-	60,7	m
Cota menor	-	40,8	m
Comprimento do Talvegue	-	1568	m
Coeficiente de Compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 * (P/\sqrt{A})$	1,7	Adimensional
Fator de Forma (Kf)	$Kf = A/L^2$	0,060	Adimensional
Índice de circularidade	$Ic = 12,57 * A / P^2$	0,33	Adimensional
Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = \sum L / ABH$	0,020	km/km ²
Densidade da Rede de Drenagem (DR)	$DR = N / ABH$	0,05	Adimensional
Extensão Média do Escoamento Superficial (Cm)	$Cm = 1 / 4x Dd$	0,012	km

Sinuosidade do Curso D'água Principal (S)	$S = L/Lt$	1,21	Adimensional
Declividade do Curso D'água Principal (D)	$Di = dni/Li$	0,010	m/m

Observa-se que a BHEIC possui uma area de 218,296 Ha e com perímetro de 9,007 Km.

De acordo com os resultados das análises morfométricas realizadas a bacia hidrográfica experimental do Instituto Federal do Maranhão – Campus Codó é pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar o valor afastado da unidade (1,7), onde valores entre 1,00 – 1,25 são bacias com alta propensão a grandes enchentes; de 1,25 – 1,50 são bacias com tendência mediana a grandes enchentes; e valores acima de 1,50 são bacias não sujeita a grandes enchentes. e, quanto ao seu fator de forma, exibir um valor baixo (0,06) onde valores entre 1,00 – 0,75: sujeito a enchentes; 0,75 – 0,50: tendência mediana a enchentes e; $\leq 0,50$: menor tendência a enchentes (MELLO & SILVA, 2013).

Com estes resultados, há a indicação de que a bacia não possui forma circular, possuindo, assim, uma tendência a forma alongada. que pode ainda ser validado pelo índice de circularidade, igual a 0,33. Valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento (Muller, 1983 & Schumm, 1956).

A densidade de drenagem encontrada na BHEIC foi de 0,0209 km/km², segundo Cardoso et al. (2006), esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas, o que indica que a BHEIC possui capacidade de drenagem muito baixa.

A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia. Esses valores ajudam substancialmente o planejamento do manejo da bacia hidrográfica. O sistema de drenagem da bacia em estudo, de acordo com a hierarquia de Strahler, possui ramificação de segunda ordem, significando que o sistema de drenagem é pouco ramificado para uma grande área.

Na figura 2, de acordo com a hierarquia de Strahler, a BHEIC é de segunda ordem, indicando que a bacia é pouco ramificada.

Figura 2 – Ordem dos rios da BHEIC, conforme metodologia de Strahler (1957).

O índice de sinuosidade dos canais está relacionado à velocidade do escoamento nos canais de drenagem e, em síntese, sua relação com o solo em produzir erosão (SANTOS et. al, 2012). O índice obtido foi de 1,21 indicando que os canais não são retilíneos, mas também não podem ser considerados como sinuosos, ou seja, os canais têm uma forma transitória.

Perfil Longitudinal e declividade do rio principal da BHEIC

A declividade média do curso d'água principal é outro aspecto relevante da morfometria, pois interfere na velocidade do escoamento da água no curso (TONELLO, K.C. et al. 2006). A declividade da Bacia em estudo foi obtida pelo software QGis através do processamento da imagem SRTM, sendo então, criado o mapa da Figura 3.

A partir de 23 pontos de altitude conseguidos na imagem SRTM, usada para a delimitação da bacia, aberta no software Global Mapper obteve-se o perfil Longitudinal do rio principal (Figura 4). O trecho do rio principal vai da cota de 40,8 a 60,7 m com um comprimento de 1902,6 m, tendo uma declividade equivalente de 0,010 m/m.

Figura 3 – Declividade Da Bacia Hidrográfica do IFMA Campus Codó

Figura 4 – Perfil Longitudinal do Rio Principal

Conclusões

Portanto, de acordo com os índices Morfométricos calculados, a bacia hidrográfica do IFMA – Campus Codó tem forma mais alongada, comprovada pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma, indicando também pouca propensão a enchentes. Possui uma densidade de drenagem baixa já que possui uma rede de drenagem de segunda

ordem e com poucas ramificações. Conforme o perfil traçado e a baixa declividade do rio principal pode-se afirmar que a bacia tem características de planícies. as informações geradas no SIG, como localização da bacia, área, são dados valiosos para uma posterior gestão dos recursos hídricos da Bacia do Instituto Federal do Maranhão – Campus Codó.

Referências

- 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, n. 2, p. 241-248, 2006.
- CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999. _____. Geomorfologia. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1980
- CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Geomorfologia de meio ambiente. 10 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011
- MELLO, C. R. de; SILVA, A. M. da; **Hidrologia: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Ed. UFLA. p. 41 – 51. 2013
- MOURA, C. A. Avaliação de tendência a enchentes das bacias hidrográficas do município de Caraguatatuba (SP). In: *Revista de Geografia (UFPE)*, Recife-PE, v. 30, n. 2, p. 123-138, 2013.
- MULLER, C.V. **A quantitative geomorphic study of drainage dasins characteristic in the Clinch Mountain area**. Technical Report, Department of Geology, Columbia University, s/n p., 1983.
- RISTOW, S. F. P. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Uso de geotecnologias livres para apoio à gestão de bacias hidrográficas: prática com Quantum Gis (QGIS) – Versão 2.2.0** / Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; [coordenador geral Paulo Belli Filho ; autora do conteúdo:]. - Florianópolis : [s. n.], 2014. 75 p.; il., tabs.
- SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945>).
- SANTOS, F. de A. dos; MENDES, L. M. S.; CRUZ, M. L. B. da; Análise Morfométrica Da Bacia Hidrográfica Do Rio Piracuruca, Situada Entre Os Estados Do Ceará E Do Piauí: Subsídios Ao Estudo Das Inundações. *Revista Equador (UFPI)*, Vol. 6, Nº 2, p. 60 – 75. 2017.
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. *Bulletin of Geological Society of America*, n. 67, p. 597-646, 1956.
- SILVA, A.V.X. **Uso de Geotecnologias no Mapeamento de Áreas de Vulnerabilidade Ambiental em Campina Grande**. Monografia (Monografia em Engenharia Sanitária e Ambiental). UEPB – CAMPINA GRANDE – PB, 2014.

STRAHLER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. New Halen: Transactions: American Geophysical Union, 1957. v.38. p. 913-920.

TEODORO, V. L. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B.; O Conceito De Bacia Hidrográfica E A Importância Da Caracterização Morfométrica Para O Entendimento Da Dinâmica Ambiental Local. REVISTA UNIARA, nº 20, 2007.

TONELLO, K. C., DIAS; H. C. T.; SOUZA, A. L. De; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F P. Morfometria Da Bacia Hidrográfica Da Cachoeira Das Pombas, Guanhães – Mg. R. Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1975. 250p
WMO. The Dublin Statement and Report of the Conference. *International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century*. 26-31 January 1992. Dublin, Ireland.

XAVIER Da Silva, J. Geoprocessamento e análise ambiental. Revista Brasileira de Geografia. v. 54, p. 47-61, 1992.