



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

IGOR MARTINS SILVA

ESTUDO MORFOMÉTRICO E HIDROLÓGICO DO RIBEIRÃO CURRALINHO

Palmas – TO

2021

IGOR MARTINS SILVA

ESTUDO MORFOMÉTRICO E HIDROLÓGICO DO RIBEIRÃO CURRALINHO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Kenia Parente Lopes Mendonça

Palmas – TO

2021

IGOR MARTINS SILVA

ESTUDO MORFOMÉTRICO E HIDROLÓGICO DO RIBEIRÃO CURRALINHO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) I do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Kenia Parente Lopes Mendonça

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.e Kenia Parente Lopes Mendonça

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. M.e 1º Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. M.e Nome do 2º Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2021

RESUMO

SILVA, Igor Martins. **Estudo Morfométrico e Hidrológico do Ribeirão Curralinho**. 2021. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2021.

Este trabalho fez a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Curralinho, localizado no noroeste do Estado do Tocantins. Foram calculados uma série de parâmetros físicos para estudo do comportamento hidrológico da bacia. A bacia hidrográfica do Ribeirão Curralinho, abrange o município de Dois Irmãos do Tocantins, localizada na parte sul do município da cidade. A área de drenagem encontrada foi de 534,19 km² e o perímetro de 190,73 km². A bacia hidrográfica do Ribeirão Curralinho possui um formato alongado, coeficiente de compacidade de 2,31, fator de forma de 0,43, índice de circularidade de 0,18, tempo de concentração de 18,98 horas, densidade de drenagem de 0,42 km/km², densidade hidrográfica de 0,02 /km², índice de rugosidade de 0,17 e razão de relevo de 0,005 km/km, sendo de sexta ordem o curso d'água principal. Pode se concluir, que em condições naturais, possui baixa chances de inundação.

Palavras-Chaves: Caracterização Morfométrica, Bacia Hidrográfica, Ribeirão Curralinho.

ABSTRACT

SILVA, Igor Martins. Morphometric and Hydrological Study of Ribeirão Curralinho. 2021. 27 f. Course Completion Work (Bachelor) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2021.

This work performed the morphometric characterization of the Ribeirão Curralinho hydrographic basin, located in the northwest of the State of Tocantins. A series of physical parameters were calculated to study the hydrological behavior of the basin. The Ribeirão Curralinho watershed covers the municipality of Dois Irmãos do Tocantins, located in the southern part of the city. The drainage area found was 534.19 km² and the perimeter was 190.73 km². The Ribeirão Curralinho watershed has an elongated shape, a compactness coefficient of 2.31, a form factor of 0.43, a circularity index of 0.18, a concentration time of 18.98 hours, a drainage density of 0.42 km/km², hydrographic density of 0.02 /km², roughness index of 0.17 and relief ratio of 0.005 km/km, with the main watercourse being sixth order. It can be concluded that under natural conditions, it has a low chance of flooding.

Key words: Morphometric Characterization, Hydrographic Basin, Ribeirão Curralinho.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivo Geral	9
1.1.1 Objetivos Específicos	9
1.2 Problema	9
1.3 Hipótese	9
1.4 Justificativa	10
2 Referência Teórico	10
2.1 Ciclo Hidrológico	10
2.2 Bacia Hidrográfica	11
2.3 Hierarquia Fluvial	13
2.4 Caracterização Morfométrica	14
2.5 Delimitação da Área da Bacia Hidrográfica	14
2.6 Índice de Compacidade	16
2.7 Índice de Circularidade	16
2.8 Coeficiente de Forma	16
2.9 Densidade de Rio	16
2.10 Densidade de Drenagem	17
2.11 Escoamento Superficial	17
2.12 Índice de Rugosidade	18
2.13 Tempo de Concentração	18
3 METODOLOGIA	18
3.1 Área de Estudo	19
3.2 Levantamento de Dados	19
3.3 Fator de Ordem	21
3.4 QGis	22
5. RESULTADOS	23
5. DISCURSÃO	26
6. CONCLUSÃO	28
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação do Ciclo Hidrológico.....	11
Figura 2 - Representação de uma Bacia Hidrográfica e uma sub-bacia.....	13
Figura 3 – Indicação dos divisores topográficos e freáticos de uma bacia hidrográfica	14
Figura 4 – Delimitação da área contribuinte conforme o ponto considerado.....	15
Figura 5 – Diagrama esquemática da ordem dos cursos d'água.....	22
Figura 6 – Mapa da Bacia do Ribeirão Curralinho.....	24
Figura 7 – Mapa Declividade.....	25
Figura 8 – Mapa de Hierarquia	26

LISTA DE ABREVIACOES

CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
IDW	Inverse Distance Weighted
SEPLAN	Secretaria da Fazenda e Planejamento
TOPODATA	Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil
TR	Tempo de Retorno
TC	Tempo de Concentração
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica ou de drenagem pode ser definida como uma região delimitada por divisores de água, inserida em um espaço territorial, onde os diversos cursos d'água inteiramente distribuídos na bacia, sejam eles intermitentes ou perenes, escoam para um ponto menos elevado, ou seja, para o exutório (SILVEIRA, 200).

Esse estudo morfométrico, irá servir para a composição de uma base de dados a respeito da Bacia do Ribeirão Curralinho, e foi desenvolvido com o auxílio de uma ferramenta de sensoriamento e modelagem SIG, e a escolhida para uso foi o QGis. Com isso a extração e análise dos dados referentes a forma em que a bacia funciona e as características que fazem com que ela tenha aquela forma.

Conforme dados obtidos através do georreferenciamento, será possível realizar análises e quantificar dados para que ocorra alguma mudança na bacia.

1.1 Objetivo Geral

Realizar a caracterização morfométrica da bacia do Ribeirão Curralinho que se encontra no município de Dois Irmão do Tocantins.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Delimitar a área da região de estudo
- Identificação da bacia hidrográfica
- Definir a região hidrográfica, contendo informações hidrológicas para futuras análises;
- Caracterizar a bacia com base nos aspectos físicos, com uso de base de dados SIG;

1.2 Problema

As condições físicas ao longo da bacia ofertam uma disponibilidade de água ao longo de sua calha?

1.3 Hipótese

Em razão da forma da bacia e condições de drenagem da mesma, pode ser que durante o período de estiagem possa ocorrer uma acentuada redução de água

ao longo do seu curso, e posteriormente uma redução na qualidade e oferta de água para a população.

1.4 Justificativa

Esse estudo foi realizado com intuito de se obter dados referentes a disponibilidade hídrica do Ribeirão em razão do altíssimo período de estiagem que ocorre no Estado do Tocantins anualmente. A oferta de água em período integral do ano é de extrema importância para a população que habita ou realiza investimentos na agricultura ou agropecuária na região. Diante disso a coleta desses dados é de extrema importância para o mapeamento de regiões em que sofre uma queda na oferta de água e se possível efetuar uma intervenção na calha da mesma.

Com um estudo feito com extrema cautela, é possível diferenciar e efetuar possíveis investimentos na região, visto que as deficiências e limitações da bacia irão ser reveladas.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1. Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre. O intercâmbio entre as circulações da superfície terrestre e da atmosfera, fechando o ciclo hidrológico, ocorre em dois sentidos:

a) no sentido superfície-atmosfera, onde o fluxo de água ocorre fundamentalmente na forma de vapor, como decorrência dos fenômenos de evaporação e de transpiração, este último um fenômeno biológico;

b) no sentido atmosfera-superfície, onde a transferência de água ocorre em qualquer estado físico, sendo mais significativas, em termos mundiais, as precipitações de chuva e neve (TUCCI, 2007).

De acordo com (SILVEIRA, 1997), pode-se iniciar a descrição do ciclo hidrológico (Figura 1) pela existência do vapor de água na atmosfera. Este vapor, em determinadas condições condensa-se formando nuvens. Devido à dinâmica atmosférica das massas de ar ocorre a precipitação. No trajeto em direção à superfície terrestre esta chuva está sujeita à evaporação. A parcela que atinge o solo, diretamente, por fluxo de tronco ou por “reprecipitação” a partir da vegetação, infiltra-

se no solo até que a superfície deste sature de água. Quando atingida esta saturação superficial do solo, ou se a intensidade da chuva for maior que a capacidade de infiltração da água no solo, inicia-se o escoamento superficial, que é impulsionado pela gravidade. Do volume que atinge o solo, parte é infiltrada, parte é escoada sobre a superfície e parte é evapotranspirada, segundo (PINTO; HOLTZ & MARTINS, 2003).

O ciclo hidrológico só é fechado em nível global, os volumes evaporados em um determinado local do planeta não precipitam necessariamente no mesmo local, porque há movimentos contínuos, com dinâmicas diferentes na atmosfera e na superfície terrestre. À medida que se considere áreas menores de drenagem, como por exemplo, uma bacia hidrográfica, o ciclo hidrológico fica mais caracterizado como um ciclo aberto ao nível local (TUCCI, 2007).

Figura 1 - Representação do Ciclo da Água



FONTE: USGS

2.2 Bacia Hidrográfica

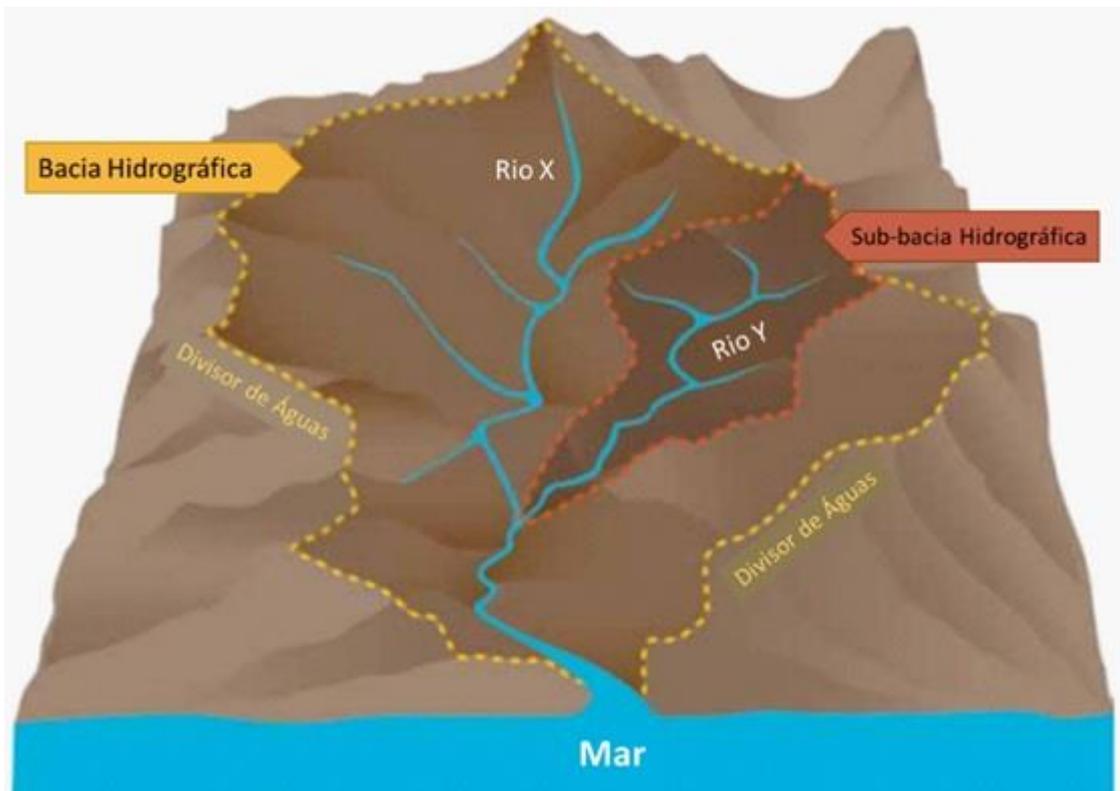
De acordo com (Barrella, 2001), bacia hidrográfica pode ser definido como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida

que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal. Para definir sua área os autores utilizam de diferentes unidades de medida. Para (FAUSTINO, 1996), as sub-bacias possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km²; já para (MARTINS et al., 2005) são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha (200 km² a 300 km²). (SANTANA, 2003) diz que as bacias hidrográficas podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia.

De acordo com (SANTOS e ELOI, 2015) a bacia hidrográfica pode ser classificada em função de diversos parâmetros, dentre quais são destacados o Desague, Cursos de Água, Padrão de Drenagem, Área, Perímetro e Comprimento, Declividade, Hipsometria, Altitude Média, Tempo de Concentração, Coeficiente de Compacidade, Fator de Forma, Ordenamento dos Curso de Água, Densidade de Drenagem, Rugosidade, Extensão Média do Escoamento Superficial e Razão de Relevo.

Figura 2 - Representação de uma Bacia Hidrográfica e uma sub-bacia



Fonte: FREITAS (2015)

2.3 Hierarquia Fluvial

(CHRISTOFOLETTI, 1980) afirma que a hierarquização fluvial consiste no processo de estabelecer a classificação de um determinado curso de água no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se situa. Um dos métodos que este autor aborda é o método desenvolvido por Artur 38 Strahler em 1952, que afirma que os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem de confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem podendo receber afluentes de segunda e primeira ordem; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores; e assim sucessivamente.

Com a ordenação proposta pelo Método de Strahler é eliminado o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão e a necessidade de se refazer a numeração a cada confluência.

2.4 Caracterização Morfométrica

A caracterização morfométrica de uma bacia é um dos primeiros métodos aplicados quando se tem a necessidade de obter dados referentes a forma em que a bacia funciona e existe.

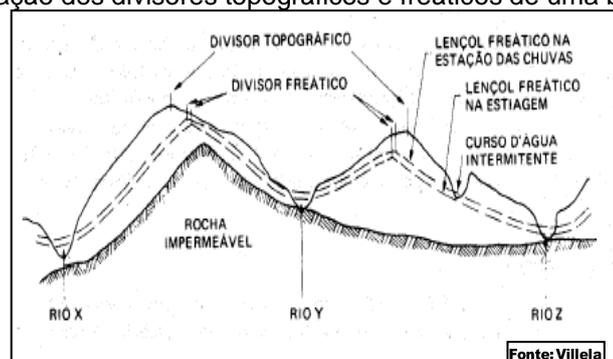
De acordo com (ANTONELI e THOMAZ, 2007) na caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica a combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais. Destaca-se também sua importância nos estudos sobre vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas.

Por si só, é um estudo capaz de demonstrar todo potencial existente no solo, já que é possível identificar níveis de infiltração, uso do solo, permeabilidade do solo, estrutura geológica e áreas de drenagem.

2.5 Delimitação da Área da Bacia Hidrográfica

Para delimitação de uma bacia Hidrográfica, leva em consideração os divisores de bacias, que se dividem em três tipos existentes: divisor topográfico, que se baseia no relevo; divisor geológico, que observa as características geológicas; e divisor freático, estabelecido de acordo com a posição do lençol freático, Mas com a falta de informações e à não praticidade no estabelecimento dos divisores geológicos e freáticos, geralmente são empregados apenas os divisores topográficas para identificar e delimitar uma bacia.

Figura 3 – Indicação dos divisores topográficos e freáticos de uma bacia hidrográfica.



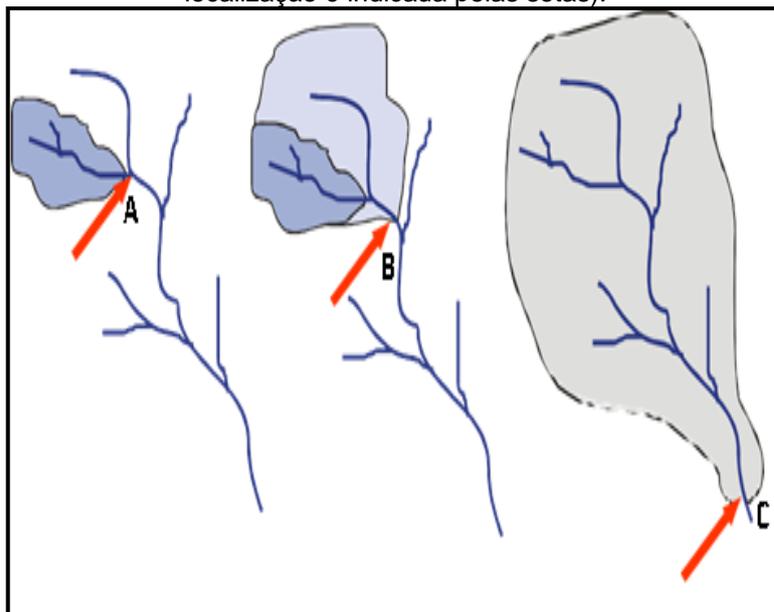
Fonte: Villela, 1975.

Segundo (SANTOS e ELOI, 2015) deve seguir o roteiro abaixo para delimitar qual perímetro e área da bacia hidrográfica:

1. Localizar o exultório (local onde se pretende desaguar o reservatório, iniciar a canalização ou efetuar a travessia).
2. Identificar o caminhamento da rede de drenagem do curso de água principal.
3. Identificar o caminhamento da rede de drenagem dos cursos de água secundários existentes que desaguem no principal.
4. Identificar onde estão localizadas as maiores altitudes dos locais das nascentes.
5. Delimitar os divisores de água, ligando os pontos de maiores altitudes e traçar uma linha perpendicular as curvas de nível da planta cartográfica.
6. Verificação por meio da diferença de cota por onde a gota de água tende a ser escoada nas regiões próximas aos divisores traçados.

Torna-se de suma importância ter em mente o conceito de “bacias dentro de bacias”, o qual é ilustrado pela figura abaixo

Figura 4 – Delimitação da área contribuinte conforme o ponto considerado (A, B ou C, cuja localização é indicada pelas setas).



Fonte: ROLIM, 2004.

É muito importante realizar o estudo da área da bacia, pois é através da área que se consegue definir a potência hídrica que a bacia pode oferecer. Através do valor da área pode-se multiplicar pelo valor da lâmina da chuva precipitada irá resultar no volume de água recebido na bacia. Também pode-se encontrar a área de uma

determinada bacia através de mapas no Sistema de Informação Geográfica. (TUCCI, 2002)

2.6 Índice de Compacidade (Gravelius)

De acordo com (VILLELA e MATTOS, 1975) o Coeficiente de compacidade (K_c) ou índice de Gravelius é a relação entre o perímetro da bacia (P) e a circunferência de um círculo de área igual à área da bacia (P_c), ambos em km. Esse coeficiente é um valor adimensional que varia de acordo com a forma da bacia. Segundo este mesmo autor, quanto mais próximo de 1,0 estiver o índice de compacidade, menor será o tempo de concentração e conseqüentemente maior tendência a enchentes terá esta bacia. Ou seja, quanto mais irregular a bacia for, maior será o índice de compacidade e em contrapartida, um índice mínimo (1 unidade) representaria uma bacia circular, significando uma área mais sujeita a enchentes.

2.7 Índice de Circularidade

Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para unidade à medida que a bacia se aproxima a forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada, segundo a equação (CARDOSO et al., 2006).

2.8 Coeficiente de Forma

O Coeficiente de (K_f) foi proposto por (HORTON, 1945), que é definido por meio da relação entre a área da bacia (A) em km^2 e o comprimento axial da bacia (L_{ax}) em km. Esta relação indica a tendência da bacia para enchentes, assim sendo, se o fator de forma for pequeno indica que a bacia é alongada e a precipitação dificilmente ocorrerá simultaneamente em toda a bacia, o contrário ocorrerá se o fator de forma for um valor elevado, o que indicará que a forma da bacia tende a um círculo e a ocorrência de chuvas intensas pode cobrir toda a sua extensão no mesmo instante (VILLELA e MATTOS, 1975; LIMA, 1996).

2.9 Densidade de Rio

De acordo com (CHRITOSFOLETTI, 1980) a Densidade de rios (D_r), definida por (HORTON, 1945), é a relação existente entre o número de rios ou curso de água (N) e a área da bacia hidrográfica (A) em km^2 . Este índice é determinado com a finalidade de comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão, como por exemplo, um quilômetro quadrado (km^2). Utilizando a ordenação de Strahler, o número de canais (N) utilizado para calcular este parâmetro, corresponde à quantidade de rios de primeira ordem, pois implica que todo e qualquer rio surge de uma nascente. Conforme critérios o cálculo da densidade de rios tem sua importância porque representa o comportamento hidrológico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais, que é a capacidade de gerar novos cursos de água.

2.10 Densidade de Drenagem

Os autores (CHRISTOFOLETTI, 1980) e (VILLELA & MATTOS, 1975) abordam o parâmetro Densidade da drenagem (D_d), que também foi definida por HORTON (1945), como um parâmetro que correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento (L_t) em km com a área da bacia hidrográfica (A) em km^2 , sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes.

Este parâmetro está diretamente ligado as características geológicas, já que as bacias hidrográficas que possuem solos rochosos, oferecem uma maior facilidade ao escoamento superficial e conseqüentemente uma maior densidade de drenagem.

De acordo com o resultado, segue a classificação da drenagem:

- Drenagem pobre $\rightarrow D_d < 0,5 \text{ Km/Km}^2$
- Drenagem regular $\rightarrow 0,5 \leq D_d < 1,5 \text{ Km/Km}^2$
- Drenagem boa $\rightarrow 1,5 \leq D_d < 2,5 \text{ Km/Km}^2$
- Drenagem muito boa $\rightarrow 2,5 \leq D_d < 3,5 \text{ Km/Km}^2$
- Bacias excepcionalmente bem drenadas $\rightarrow D_d \geq 3,5 \text{ Km/Km}^2$

2.11 Escoamento Superficial

A precipitação que cai sobre as vertentes infiltra-se nos solos até haver saturação superficial destes, momento em que começam a decrescer as taxas de

infiltração e a surgir crescentes escoamentos superficiais, se a precipitação persistir (TUCCI, 2007), entretanto pode-se ocorrer escoamento superficial antes de o solo estar saturado, desde que a precipitação supere a taxa de infiltração de água no solo. (GARCEZ e ALVAREZ, 2002) relatam que o escoamento superficial é a fase do ciclo hidrológico que trata do conjunto das águas que, por causa da gravidade, deslocam-se na superfície terrestre. O estudo do escoamento superficial considera o movimento da água na superfície apenas sobre solo impermeável ou já saturado de água, o excedente escoar na superfície formando enxurradas, riachos, córregos, rios e lagos.

O escoamento superficial está diretamente relacionado às precipitações, sendo que é possível realizar análises quantitativas através do cruzamento de dados referentes aos dois eventos, e assim ter uma previsão de possíveis cheias em determinadas áreas. (GARCEZ e ALVAREZ, 2002). De acordo com (MARTINS et al., 2005) o início do escoamento superficial se dá algum tempo depois do início da precipitação, esta diferença de tempo ocorre devido a ações dos vegetais na interceptação da precipitação, à saturação do solo e às depressões no terreno.

2.12 Índice de Rugosidade

Segundo Christofolletti (1980), o índice de rugosidade (H_d) combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional, que resulta do produto entre a amplitude altimétrica, que é a diferença de nível da bacia, e a densidade de drenagem.

2.13 Tempo de Concentração

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2005), o tempo de concentração pode ser representado no hidrograma unitário, onde está definido pelo intervalo de tempo entre o início de uma precipitação até instante que a vazão está sendo contribuída por todos os pontos da bacia, que é um fator de importância na conformação e na descarga máxima da enchente do projeto.

3. METODOLOGIA

3.1 AREA DE ESTUDO

O estudo será realizado na Sub Bacia do Ribeirão Curralinho, que é localizado no município de Dois Irmãos do Tocantins, e pertencente a bacia do Rio Piranhas/Rio Lajeado que é afluente a margem direita do Rio Araguaia e possui aproximadamente 92,42 km de extensão.

Conforme dados do IBGE (2010), o município de Dois Irmão, possui uma área de 3.757,015 km² e uma estima de 7.173 pessoas para 2021, contando com uma densidade demográfica de 1,91 hab/km². Localizada na latitude 9° 15' 28" sul e longitude 49° 03' 50" oeste, fica a aproximadamente 199 km da capital do estado.

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

As bases vetoriais, imagens Raster e o Modelo Digital de Elevação, que serviram para realizar o georreferenciamento da Sub-Bacia, foram extraídos através de um banco de dados do site da Secretaria da Fazenda e Planejamento - SEPLAN e do site Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA, dentre elas serão utilizados mapas de: Bacia Hidrográficas, Declividade, Geologia, Hidrografia, Hidrogeologia, Limites Municipais, Massa de Agua, Precipitação Média Anual, Sub-Bacias Hidrográficas, que serão inseridos no software qGis para o processamento através das ferramentas do próprio software de vetorização e raster, com isso ocorre a extração de dados para alimentar as seguintes formulas: coeficiente de compacidade, fator de forma, densidade de drenagem, índice de circularidade, vazões médias, índice de compacidade, índice de ordem dos cursos d'água.

Parâmetros morfométricos e equações utilizadas:

- Coeficiente de Compacidade (Kc)

$$Kc=0,28*\frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

Kc = coeficiente de compacidade

P = perímetro (km)

A = área de drenagem (km)

- Índice de circularidade

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$$

Onde:

IC = índice de circularidade

A = área de drenagem (km²)

P = perímetro (km)

- Índice de Sinuosidade

$$IS = \frac{Lc}{Lv}$$

Onde:

Lc = comprimento canal principal (km)

Lv = comprimento vetorial do canal principal (km)

- Fator de Forma

$$Kf = \frac{A}{Lax^2}$$

Onde:

A = área da bacia em (km²)

Lax = comprimento axial da bacia (km)

- Densidade de Drenagem

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem

L = comprimento total dos rios (km)

A = área de drenagem (km²)

- Tempo de Concentração (Tc)

$$Tc = 0,633L^{0,77}S^{-0,385}$$

Onde:

Tc= tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue (km);
S = declividade média do talvegue (m/m).

- Densidade Hidrográfica (Dh)

$$Dh = \frac{N}{A}$$

Onde:

N = número de canais

A = área da bacia (km²)

- Coeficiente de Compacidade (Kc)

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

Onde:

A = área da bacia (km²)

P = Perímetro da bacia (km)

- Índice de Rugosidade

$$Hd = \Delta a \times Dd$$

Onde:

Δa = Amplitude altimétrica

Dd = Densidade de Drenagem

3.3 FATOR DE ORDEM

A hierarquização dos cursos d'água foi baseada na classificação proposta por Strahler (1957). O nível da ordem da rede de drenagem é em função da sua ramificação. Canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os de segunda ordem só recebem tributários de primeira ordem; e, os de terceira ordem recebem tributários de primeira e segunda ordem e assim sucessivamente (TEODORO et al., 2007).

Figura 5 – Diagrama esquemática da ordem dos cursos d'água.

Esses dados podem sofrer alterações de acordo com atributos existentes neles, recortes pré-definidos pelo usuário de camadas, criação de pontos e polígonos, união de camadas, mesclagens uniões.

Além disso será utilizado o processo com nome de IDW, que tem a funcionalidade de estimar valores para lugares não medidos, e com isso realizar a diferenciação de cotas e posteriormente a demonstração dos desníveis, assim podendo ser identificado cada bacia de drenagem.

4 RESULTADOS

A tabela abaixo remete a resultados encontrados em decorrer do uso das fórmulas utilizadas no tópico 3.2 e uso do software.

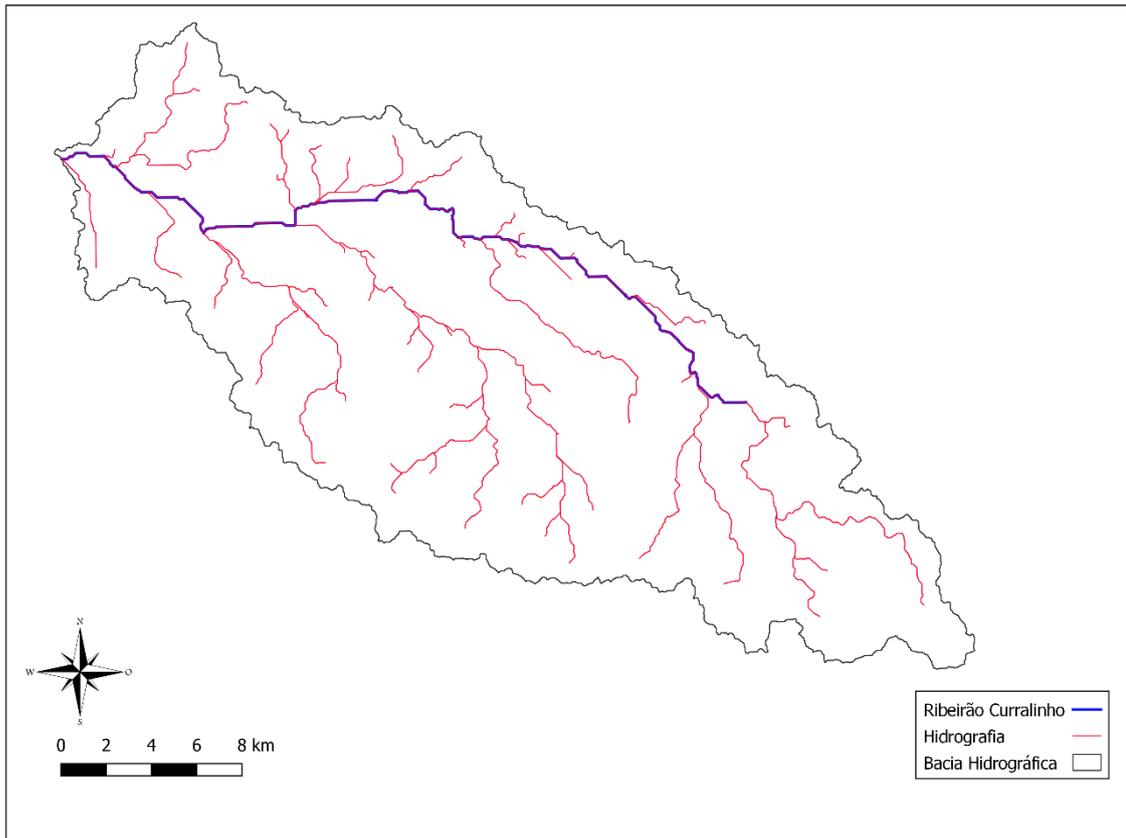
Tabela 1 – Características Físicas da sub-bacia.

ÁREA DA BACIA	534,19 km ²
PERIMETRO	190,73 km
COMPRIMENTO CANAL PRINCIPAL	92,42 km
COMPRIMENTO TOTAL DOS CANAIS	222,92 km
ALTITUDE MÁXIMA CANAL PRINCIPAL	295,00 m
ALTITUDE MINIMA CANAL PRINCIPAL	190,00 m
ALTITUDE MEDIA CANAL PRINCIPAL	242,50 m
ALTITUDE EXUTORIO BACIA	185,00 m
ALTITUDE MAXIMA BACIA	602,81 m
ALTITUDE MINIMA BACIA	185,29 m
ALTITUDE MEDIA BACIA	394,05 m
COMPRIMENTO AXIAL BACIA	45,34 km
COMPRIMENTO AXIAL CANAL P	31,27 km
Nº DE CANAIS	11,00
AMPLITUDE ALTIMETRICA	417,52m

Fonte: Elaborado Pelo Autor.

A sub-bacia hidrográfica do Córrego do Bosque apresenta uma área de 534,19 km² e possui o perímetro total de 190,33 km. A declividade da bacia ficou com valores entre 0 a 43 % e uma maior parte presente na classe de 0 a 3 %, o que destaca que a bacia possui um relevo de plano a suavemente ondulado, conforme a figura 7.

Figura 6 – Mapa da Bacia do Ribeirão Currealinho

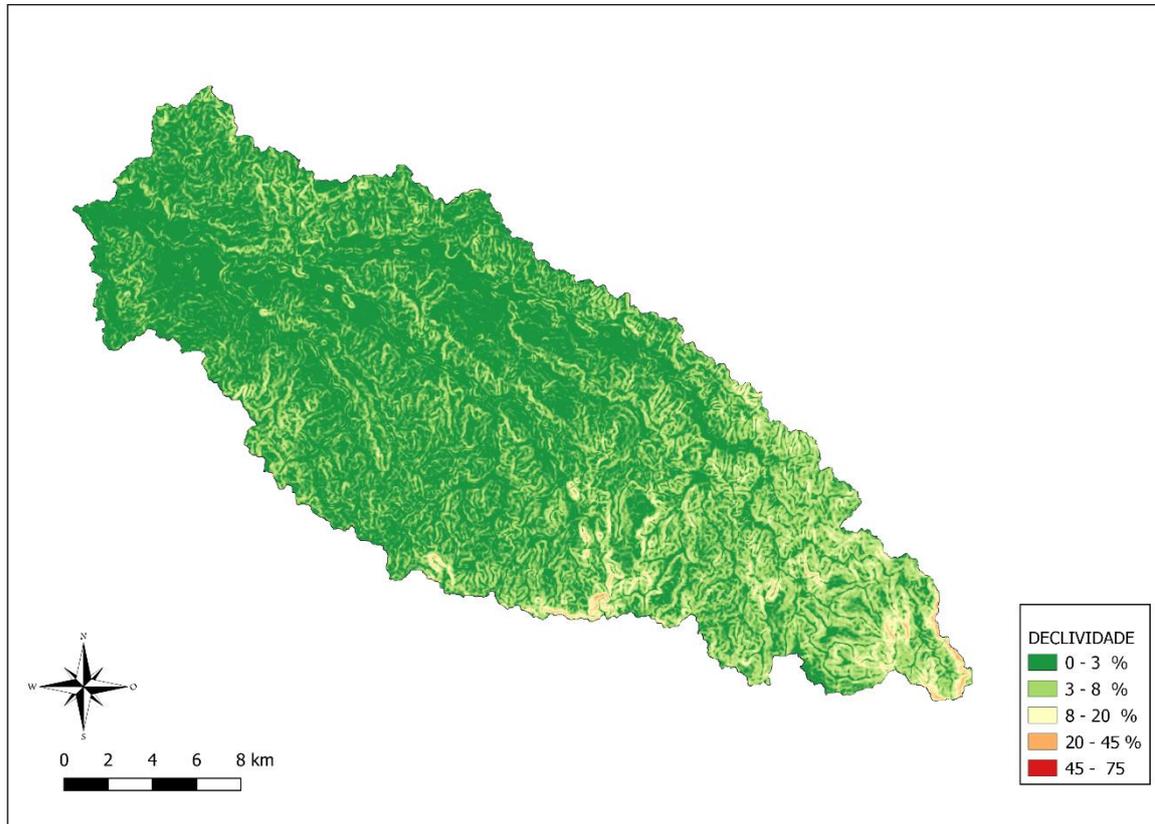


Fonte: Elaborado Pelo Autor.

A densidade de drenagem encontrada foi de 0,42 km de curso d'água por km², que é considerada por (VILLELA; MATTOS, 1975) como uma bacia pobre em drenagem. O índice de densidade hidrológica é definido como a relação existente entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica. O índice encontrado através da equação, foi de 0,02 canais/km² e, de acordo com (RESCK, 1992), é um índice considerado baixo e representa menos de um curso d'água por km². Para definição da forma da bacia, calculou-se o índice de fator de forma (Kf), que é a relação entre a largura média da bacia e o seu comprimento axial. O índice encontrado de 0,26 constitui um indicativo de uma tendência baixa de enchentes na bacia, se comparada a outra de mesmo tamanho, mas que tenha um fator de forma maior (TABELA 1). Outro parâmetro morfométrico analisado, que reafirma o resultado do fator de forma, foi o coeficiente de compacidade (Kc) que apresentou o valor de 2,31 (TABELA 1). Quanto mais próximo da unidade for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo. Portanto, a bacia hidrográfica apresenta um certo alongamento, demonstrando que área estudada não está sujeita a grandes

enchentes. Além disso, o índice de circularidade (I_c) foi de 0,18, que é mais um indicador de confirmação da bacia possuir baixa tendência a enchentes.

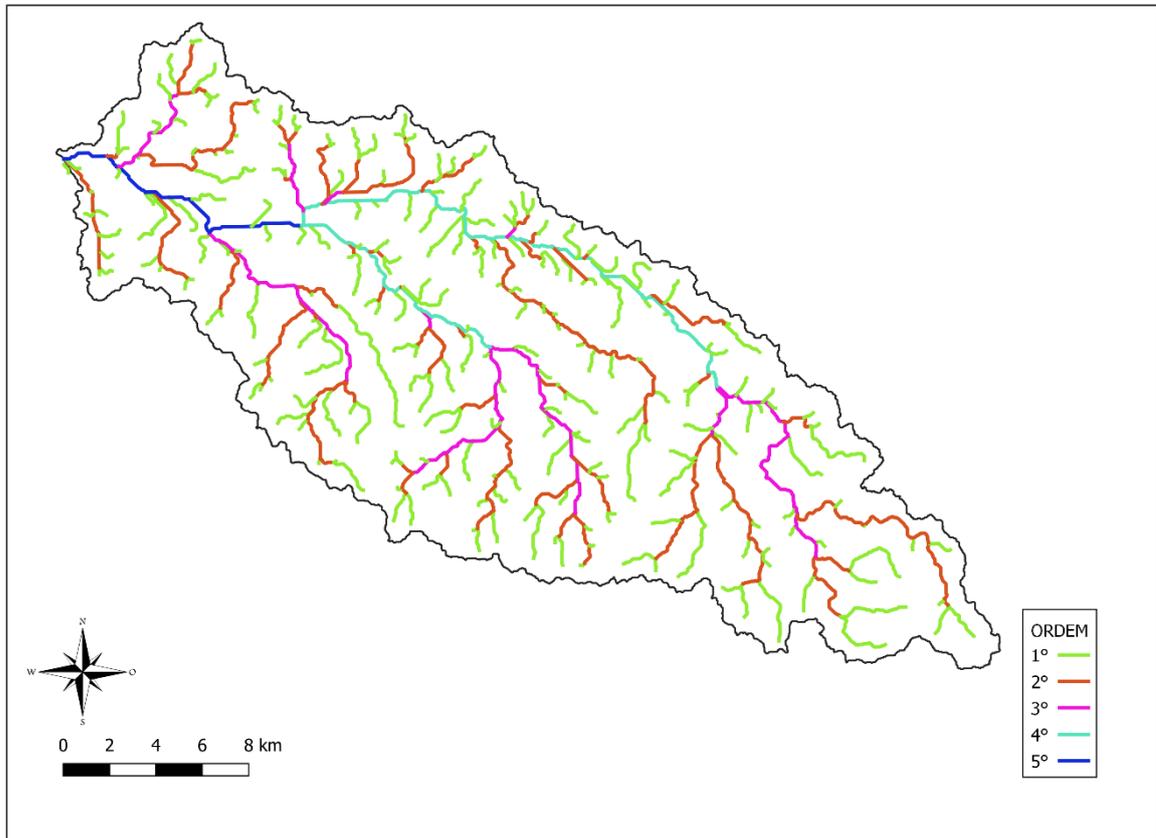
Figura 7 – Mapa Declividade



Fonte: Elaborado Pelo Autor

O índice de rugosidade encontrado foi de 0,17 o que um relevo suave. O índice da relação de relevo é de 4,52 m/km, definindo em parte, a velocidade de escoamento. Quanto maiores forem os valores, mais rápido é o escoamento, e posteriormente o acúmulo de água na bacia. O coeficiente de manutenção nada mais é do que a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento da bacia que é de 238,10 m² de área preservada para sua sustentabilidade.

Figura 8 – Mapa de Hierarquia



Fonte: Elaborado Pelo Autor

A figura 8 demonstra os canais presentes em cada ordem, conforme a classificação de Strahler. A bacia do Ribeirão Curralinho é classificada como sendo de 6° ordem contendo ao todo 309 canais e são classificados da seguinte forma: 249 de primeira ordem, 47 de segunda ordem, 10 de terceira ordem, 2 de quarta ordem e 1 de quinta ordem.

5. DISCUSSÃO

A fim de caracterizar a bacia hidrográfica do Ribeirão Curralinho e sua respectiva rede de drenagem, tendo em vista a carência de estudos hídricos relacionados a essa área.

O valor da densidade de drenagem encontrado indica que a bacia hidrográfica do Ribeirão Curralinho tem deficiência de drenagem, pois aproxima-se do índice apresentado por (VILLELA; MATTOS, 1975), os quais consideram pobre uma bacia com Dd menor que 0,5 km/km².

(CARVALHO, 2009) explica ainda que os valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizados por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração de precipitação. Logo, podemos compreender que há uma tendência para a bacia do Currálinho e de suas bacias possuírem baixa densidade de drenagem por apresentarem as características citadas por esse autor. O valor encontrado com tempo de concentração foi de 18,98 horas, ou seja, que uma chuva que ocorre na nascente, pode levar quase 1 dia para chegar ao exultório da bacia.

Outros parâmetros que devem ser analisados para melhor compreensão do comportamento de uma bacia são o fator de forma e o coeficiente de compacidade. A rede de drenagem da Bacia do Ribeirão Currálinho tem um comportamento de escoamento superficial pertinente a uma bacia de forma alongada, podendo considerar que seja uma bacia com menor suscetibilidade a enchentes. O fator de forma encontrando para esta bacia indica que ela não terá tendência a enchentes, e se assemelha ao resultado do coeficiente de compacidade (K_c), que há baixa tendência a enchentes. Desta forma, a Bacia do Ribeirão Currálinho, com base nos resultados encontrados, demonstrou não ser uma bacia proveniente a enchentes.

Conforme a comparação em razão do valor do k_f , podemos verificar que esta bacia também tende a ser estreita e longa, e esse fato explica o porquê de não apresentar tendências a enchentes e inundações. O índice de densidade hidrológica é a relação existente entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica. A finalidade deste índice é comparar a frequência ou a quantidade de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão, como por exemplo, o quilômetro quadrado (CRISTOFOLETTI, 1969). Seu cálculo reveste-se de importância porque representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água (CHRISTOFOLETTI, 1980). O índice encontrado na caracterização morfométrica da Bacia do Ribeirão é considerado baixo.

Segundo (MIRANDA, 2008), esse índice, quando classificado como muito baixo (CHRISTOFOLETTI, 1980), deixa claro que o escoamento superficial se processa de maneira pouco intensa e nos remete a uma fraca tendência para a ocorrência de fontes geradoras de novos cursos d'água. Nesse sentido, o manejo de áreas com declividade mais acentuada é fundamental, considerando que esta característica da bacia hidrográfica interfere diretamente nos resultados da análise

morfométrica. Os índices encontrados na análise morfométrica auxiliarão a construção de programas ambientais da área, informando quanto ao manejo adequado, principalmente nas áreas onde há presença de moradores.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho foi realizado com a finalidade de efetuar a caracterização da bacia hidrográfica do Ribeirão Currálinho e sua rede de drenagem, em virtude de se obter dados para futuras análises dele. Com base nos levantamentos realizados pode ser constatadas os seguintes pontos.

Constata-se que a rede de drenagem tem um comportamento de escoamento superficial referente a uma bacia de forma alongada, que permite que a água possa escoar com uma velocidade menor ao ponto do exultório e uma maior taxa de infiltração. É uma bacia sem tendências a cheias e que possui um canal principal do tipo retilíneo.

Portanto, a caracterização da bacia do Ribeirão Currálinho, possibilitou ampliar o conhecimento da área em estudo, ressaltando o potencial e as fragilidades da bacia, que viabilizarão a construção de um manejo adequado.

7 REFERENCIAS

BIER, F. B. et al. **Caracterização morfométrica e hidrológia da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis-SC.** 2013.

ALVES, T. L. B.; DE AZEVEDO, Pedro Vieira; SILVA, Madson Tavares. **Análise Morfométrica da Microbacia Hidrográfica Riacho Namorado, São João do Cariri-Pb:** Uma Ferramenta ao Diagnóstico Físico. Revista de Geografia (UFPE), v. 31, n. 3, 2014

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

BARROS, E. K. E. **Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APP) e identificação do conflito de uso da terra na bacia do Ribeirão Taquarussu Grande,** Palmas – TO. Monografia. Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2007.

ALVES, W. S.; SCOPEL, I. MARTINS, A. P.; MORAIS, W. A. **Análise morfométrica da bacia do Ribeirão das Aboboras – Rio Verde (GO).** Geociências, Rio Claro, v.35, n. 4, p.652- 667, 2016.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF, 1999. 412 p

MOSCA, A.A.O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas.** 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003

PINTO, N. e. (2007). **Hidrologia Estatística.** São Paulo: CPRM.

TEODORO, V. L.; et al. **O conceito da bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista Uniara, n. 20, 2007.

TUCCI, C. E. (1993). **Hidrologia** (Vol. 1). Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil: Editora da Universidade.

TUCCI, C. E. (2000) (org.) **Hidrologia – ciência e aplicação.** Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre.

TUCCI, C. E. (2001) **Hidrologia: Ciência e Aplicação,** Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH.

TUCCI, C. E. (2007) **Hidrologia: Ciência e Aplicação,** (4ª ed.). Porto Alegre, Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VILLELA, S. M., & MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

ZANATA, M.; PISSARA, 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, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1062-1067, 2011.

VESTENA, Leandro Redin; CHECCHIA, Tatiane; KOBAYAMA, Masato. **Análise morfométrica e geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Caeté**, Alfredo Wagner (SC). **Bol. geogr., Maringá**, v. 29, n. 2, 2011. p. 99