



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VÁRZEA GRANDE- UNIVAG  
GPA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, BIOLÓGICAS E ENGENHARIAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



## **ANÁLISE MORFOMETRICA DA BACIA DO RIO CUIABÁ COMO SUBSIDIO A GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

**Amanda de Oliveira Simões**

**Heloisa Alves da Silva,**

**Kamila Cassia Clozara Metelo,**

**Suziane Alves dos Santos,**

**Viviane Erika Neves Nascimento**

**Orientador: Me César Clemente P. Santos**

### **RESUMO**

Bacias hidrográficas correspondem a áreas que são drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. A topografia do terreno é responsável pela drenagem da água, pois em razão da força da gravidade as águas correm sempre do ponto mais alto em direção aos pontos de menores altitudes, onde as precipitações podem escoar superficialmente ou infiltrar no solo, abastecendo determinado curso d'água. O presente trabalho teve como objetivo analisar as características morfométricas da bacia do rio Cuiabá localizada em ambiente urbano e rural, utilizando arquivos de MDE processados por meio de sistema de informação geográfica (SIG) para obtenção dos dados, além de comparar e discutir com a literatura publicada. Para as análises foram utilizados diferentes índices morfométricos dividido em linear, areal e hipsométrico, podem-se destacar: Hierarquia, fator forma; índice de circularidade; coeficiente de compacidade; densidade de drenagem; coeficiente de manutenção, altitude maxima e minima. Com base nas análises dos resultados, pode-se concluir que o fator de forma (0,58), o índice de circularidade (0,41), coeficiente de compacidade (1,53) demonstram que a bacia hidrográfica do rio Cuiabá em estudo exhibe um formato alongado, contribuindo dessa forma para o processo de escoamento e apresentando, portando, baixa suscetibilidade á ocorrência de enchentes. Por meio da altimetria foi possível identificar sua declividade, relevo, índice de rugosidade, e assim defini-la com mediana

propensão a erosão. Enfim, esses parâmetros podem ser utilizados para comparação entre diversos tipos de áreas, auxiliando no monitoramento, análise e gestão territorial, e ao diagnóstico do seu estado ambiental.

**Palavras-chave:** análise morfométrica, bacias hidrográficas, gestão de recursos hídricos.

## **MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE CUIABÁ RIVER BASIN AS A SUBSIDY TO THE MANAGEMENT OF HYDROGRAPHIC BOWLS**

### **ABSTRACT**

River basins correspond to areas that are drained by a main river, its tributaries and sub-tributaries. The topography of the land and the return of water from the water, because of the force of gravity as Water, the best possible for the dawn, where precipitation can flow superficially or infiltrate the soil, supplying a certain watercourse. For a present, analyze and experience different morphometric indices, we can highlight: Form factor; circularity index; coefficient of compactness; drainage density; coefficient of maintenance. Based on the analysis of the results, it can be concluded that the form factor (0.58), the circularity index (0.41), compactness coefficient (1,53) show that the Cuiabá river basin under study shows a format along, contributing in this way to the process of flow and presentation, carrying, low susceptibility and occurrence of floods. Finally, these parameters can be used to compare different types of areas, auxiliaries without monitoring, analysis and territorial management. The objective of this study was to analyze the morphometric characteristics of the Cuiabá River basin located in urban and rural environments, using MDE files published by Santos and Shiraiwa (2012) and processed through a geographic information system (GIS) for obtaining of the data, besides comparison and discussion with literature published by Chiaranda and Soares (2016), as a subsidy to the diagnosis of its environmental state.

**Keywords:** management of water resources, morphometric analysis, river basins.

### **1. INTRODUÇÃO**

As bacias hidrográficas são sistemas abertos que recebem energia por meio de agentes climáticos e perde energia por meio do deflúvio. Lima & Zakia (2000). São um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formadas 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 Barrella (2001).

A gestão dos Recursos Hídricos compreende-se como conjunto de ações que visam à proteção, controle e uso do mesmo. A bacia hidrográfica é a unidade básica de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Vilaça (2009) e colaboradores, afirma que a bacia hidrográfica pode ser considerada uma excelente unidade de gestão tanto de elementos naturais, quanto sociais, devido ao seu aspecto integrador, e ressaltam que se devem levar em consideração as relações que a sociedade e suas atividades têm com o meio em que se encontram, para que a gestão e o planejamento possam ser entendidos de forma integrada.

As diferentes formas de relevo, tipo de solo, desnível de terreno e flora, são os principais indicadores para caracterização de uma bacia hidrográfica ou rede de drenagem. Mediante análises morfométricas, é possível identificar a hierarquia da bacia, área, perímetro, comprimento do rio principal e de cada canal, relação de bifurcação, densidade de drenagem, declividade, fator forma, entre outros, no qual esses dados contribuem para averiguar a sua susceptibilidade a enchentes, e a compreender o ciclo hidrológico, a disponibilidade hídrica, o deflúvio, a capacidade de infiltração, escoamento superficial e subsuperficial.

Os parâmetros para as análises morfométricas são classificados em linear: relação da rede hidrográfica, através de medições das linhas de escoamento; Areal: índices no qual intervêm condições planimétricas e hipsométrico: que consiste na inter-relações existentes em determinada unidade horizontal e a sua distribuição em relação às faixas altitudinais (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Machado (2011) e colaboradores justificaram as ferramentas para análises morfométricas como instrumentos de planejamento, e sua importância na gestão dos espaços urbanos e rurais, contribuindo para um melhor aproveitamento dos recursos naturais, e principalmente, por que funcionam como mecanismo de prevenção contra a degradação destes ambientes, possibilitando uma melhor relação entre as sociedades humanas e o meio que as cerca.

Alguns dados lineares, areal e hipsométricos como a área, perímetro, comprimento do rio principal e de cada canal são coletados por meio de ferramentas tecnológicas, tendo como recursos o desenvolvimento de Modelos Digitais de Elevação (MDE) e o uso de sistemas de informações geográficas. Os demais parâmetros resultam de formulas matemáticas que são desenvolvidas a partir desses dados coletados.

A ferramenta tecnológica que mais cresce na gestão ambiental é o sistema de informação geográfica (SIG), por oferecer recursos tecnológicos e computacionais para a

geração de informações mais sofisticadas, de rápido acesso, pela redução de custos e intervenções manuais. O desenvolvimento de Modelos Digitais de Elevação e de técnicas mais precisas de extração de drenagem numérica e a delimitação de bacias hidrográficas propiciaram o uso de sistemas de informação geográfico (SIG) para obtenção automática das características físicas das bacias de drenagem (Baena, 2002 apud Marques, 2006).

O presente trabalho teve por objetivo analisar as características morfológica da bacia do rio Cuiabá localizada em ambiente urbano e rural, utilizando arquivos de MDE publicado por Santos e Shiraiwa (2012), e processados por meio do sistema de informação geográfica (SIG) para obtenção dos dados, além de comparar e discutir com a literatura publicada por Chiaranda e Soares, como subsidio ao diagnóstico do seu estado ambiental.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

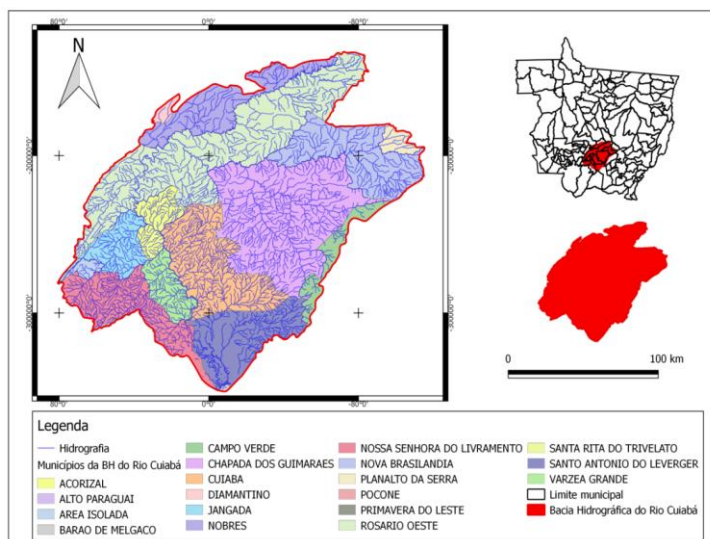
O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Rio Cuiabá, localizado no estado de Mato Grosso, formado pelas coordenadas geográficas de 54°38' e 57 00' de longitude oeste e 14°10' e 15°50' de latitude sul, com área de 22.851,1 km<sup>2</sup>, abrangendo 15 cidades que se distingue como uma importante fonte para o desenvolvimento socioeconômico local e regional conforme descrito por (CHIARANDA *et al.*, 2015).

Sua bacia é subdividida em três partes, alto, médio e baixo Cuiabá. A nascente Cuiabá da larga e Cuiabá bonito localizam-se na encosta da Serra Azul na cidade de Rosário Oeste formando o Cuiabazinho, onde nas proximidades de Nobres ocorre o encontro com o afluente Manso, ou seja, região do alto Cuiabá, originando assim o principal curso d'água, onde percorre sentido a capital e a cidade industrial Várzea-Grande (médio Cuiabá), convergindo no baixo Cuiabá na região do Pantanal, sendo confluyente com o rio Paraguai. O rio Cuiabá é considerado de sétima ordem e ao longo do seu percurso é abastecido pelos principais afluentes: Ribeirão Pari, São Lourenço, Manso e Coxipó (LÚCIO, 2011).

O clima e a precipitação são fatores importantes na composição de uma bacia hidrográfica sendo a precipitação a única forma de entrada no sistema. A região de estudo é o mais quente do país, com variações acentuadas de seca entre os meses de maio a setembro e chuvoso de outubro a abril com a média anual de aproximadamente 1200 mm a 2000 mm para cada uma das 13 estações meteorológicas existentes no estado de Mato Grosso (SOUZA *et al.*, 2013). Tais variações ocorrem devido à circulação atmosférica regional ao longo do ano, em conjunto com os fatores geográficos (PEREIRA *et al.*, 2002).

Apesar da pouca eficiência nas medidas meteorológicas no estado, estudo realizado por Souza *et al.*, (2013) demonstrou que pela classificação climática de Köppen, apresentam apenas dois tipos climáticos: Aw- tropical chuvoso e Cwa- subtropical úmido e com a variação média da temperatura de 23,00 e 26,84 °C, podendo chegar facilmente a 40°C nos dias normais.

**Figura 1.** Mapa de localização da bacia do Rio Cuiabá.



Fonte: SANTOS 2017.

## 2.2. Utilização de dados geográficos incorporados ao ambiente SIG

Foram utilizados dados hidrologicamente consistido extraídos por Santos e Shiraiwa (2012) do modelo digital de elevação DEM ASTER GDEM com células de resolução espacial de 30/30 metros para fornecer dados morfométricos como: área e perímetro da bacia, comprimento do rio principal, e hipsometria da Bacia. Com base nos dados importados os mesmos foram processados em ambiente SIG utilizando o Sistema de Informação Geográfica QUANTUM 2.8, para confecção dos mapas de ordenamento hídrico e extração dos parâmetros para realizar a análise morfométrica.

## 2.3. Metodologias para o estudo morfométrico da bacia

Os estudos morfométricos em bacias hidrográficas são divididos em 3 parâmetros: linear, areal e hipsométrico.

Na análise linear são englobados os índices e relações a propósito da rede hidrográfica, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento. Podemos distinguir os seguintes:

- Relação de bifurcação e Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem: Horton (1945) propôs leis com o intuito de entender a configuração e a evolução das bacias hidrográficas e de suas redes de drenagem, dentre elas a da Relação de bifurcação e a Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem.

- Relação de bifurcação (Rb) ou Lei do número de canais: é definida como a relação entre o número de canais de uma dada ordem (n) e o número de canais de ordem imediatamente superior (n+1). A equação (1) é dada por:

$$R_b = N_u / N_{u+1} \quad (1)$$

Onde:

R= Relação de bifurcação;

N<sub>u</sub> = Relação de segmentos de determinada ordem;

N<sub>u+1</sub>= Número de segmentos da ordem imediatamente superior.

- A Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem ou Lei do comprimento de canais segundo Horton (1945): Em uma bacia determinada, os comprimentos médios dos canais de cada ordem ordenam-se segundo uma série geométrica direta, cujo primeiro termo é o comprimento médio dos canais de primeira ordem, e a razão é a relação entre os comprimentos médios. Sendo assim a formula é expressa da seguinte maneira (Equação 2):

$$R_l = L_{m_u} / L_{m_{u-1}} \quad (2)$$

Sendo:

R<sub>l</sub>= Relação entre os comprimentos médios dos canais;

L<sub>m<sub>u</sub></sub>= Comprimento dos canais de determinada ordem;

L<sub>m<sub>u-1</sub></sub>= Comprimento dos canais de ordem imediatamente inferior.

- Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação: Essa relação também foi desenvolvida por Horton, afirmando que "é um importante fator na relação entre a composição da drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas. O cálculo é expresso por (Equação 3):

$$R_{lb} = R_{lm} / R_B \quad (3)$$

Na qual:

$R_{lb}$  = Relação entre o índice do comprimento médio e a bifurcação;

$R_{lm}$  = Índice de comprimento médio entre as duas ordens subsequentes;

$R_B$  = Relação de bifurcação entre as mesmas duas ordens subsequentes.

Na análise areal das bacias hidrográficas estão englobados vários índices nos quais intervêm medições planimétricas, além de medições lineares. Podemos incluir os seguintes índices:

- Área da bacia: Equivale a todo o espaço em que ocorre a drenagem da água superficial e é circundada pelo perímetro. Guerra, (1993) afirma que, uma bacia hidrográfica é o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, e Cunha e Guerra, (2002) complementam explicando a delimitação da área, cujas delimitações são dadas pelas linhas divisórias de água que demarcam seu contorno. A delimitação da área da bacia de estudo resultará da análise do mapa topográfico processada no programa QGIS.

- Comprimento da bacia em L: Segundo Christofolletti (1980), trata-se da distância medida, em linha reta, entre a foz e o mais alto ponto situado ao longo do perímetro;

- Forma da bacia: A forma da bacia influencia diretamente com o tempo em que leva para escoar o precipitado dos limites da bacia até a saída da mesma, ou seja, fator que influencia no tempo de concentração. Existem algumas maneiras de identificar o formato da bacia, dentre estas formas as duas comumente utilizadas é a do índice de Circularidade proposto por Miller (1953), e o fator forma que relaciona a área com o comprimento da bacia.

- Índice de circularidade ( $I_c$ ), representa a unidade de medida que a bacia se aproxima ou afasta da forma circular (CARDOSO *et al.* 2006). A equação proposta por (MILLER, 1953) é representada da seguinte maneira (Equação 4):

$$I_c = A / A_c \quad (4)$$

Em que:

$I_c$  = É o índice de circularidade;

$A$  = É a área da bacia considerada;

$A_c$  = É a área da bacia do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada.

O valor máximo a ser obtido é igual a 1,0, e quanto maior o valor, mais próxima da forma circular estará a bacia de drenagem, (CHRISTOFOLETTI, 1980).

- Coeficiente de compacidade: O formato de uma bacia hidrográfica influencia diretamente no modo de resposta durante a ocorrência de precipitação no sistema, isto é, o tempo de concentração.

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) relaciona a bacia com um círculo, em que é um número adimensional que varia com a forma da bacia independente do seu tamanho, assim quanto mais irregular ela for, maior será o coeficiente de compacidade, ou seja, quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia e será sujeita a enchentes (VILLELA e MATTOS, 1975). A equação utilizada para encontrar o  $K_c$  será (Equação 5):

$$K_c = 0,28 \cdot (P / \sqrt{A}) \quad (5)$$

Em que:

$K_c$  é o coeficiente de compacidade;

$P$  é o perímetro em km;

$A$  é a área da bacia em  $\text{km}^2$ .

Como citado anteriormente quanto mais próximo da unidade ( $K=1$ ) for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo, podendo ser resumido da seguinte forma:

- 1,00 – 1,25 - bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- 1,25 – 1,50 - bacia com tendência mediana a grandes enchentes; e
- 1,50 - Bacia não sujeita a grandes enchentes.

- O fator forma ( $F$ ): é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. O valor de  $F$  será estimado por meio da equação (6):

$$F = A/L^2 \quad (6)$$

Onde:

$F$ = Fator de forma;

$A$ = Área da bacia em  $\text{km}^2$ ;

$L$  = Comprimento axial da bacia em km.

Segundo Villela e Mattos (1975), quanto mais baixo é o fator de forma da bacia menor é a susceptibilidade para enchentes.

Kf 1 e 0,75: propicia a enchentes;

Kf 0,75 a 0,50: tendência mediana;

Kf menor 0,50: não propicia a enchentes.

- Densidade de drenagem: A rede de drenagem é o conjunto de canais conectados que abastecem o sistema, e a densidade é a eficiência da drenagem desses cursos. A densidade de drenagem é definida através da correlação entre o comprimento total dos canais e a área da bacia. É definida pela seguinte fórmula (Equação 7):

$$Dd = Lt / A, \quad (7)$$

No qual:

Dd= Densidade de drenagem;

Lt = Comprimento total;

A = Área da bacia.

- Densidade de segmento da bacia: Deve-se aplicar o sistema de ordenação de Strahler e somar a quantidade de segmentos de todas as ordens da bacia, por meio da seguinte fórmula (Equação 8):

$$F_s = \sum n_i / A \quad (8)$$

Na qual:

$F_s$  = É a densidade de segmentos;

n= Número de segmentos de determinada ordem;

$i = 1.^a; 2.^a; 3.^a \dots$

A= É a área da bacia.

- Hierarquização dos canais: Uma das formas de descrição de uma bacia é a de hierarquização de seus canais de drenagem, ou seja, a definição do número de ordem dos mesmos (CUNHA E GUERRA, 2002).



Já os parâmetros hipsométricos correlacionam a variação altimétrica à área e a rede de drenagem de uma mesma bacia, sendo representados pela curva hipsométrica, índice de rugosidade e declividade:

- Curva hipsométrica: Representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível do mar. Esta curva é traçada lançando-se em sistema cartesiano a cota versus o percentual da área de drenagem com cota superior (STUDART, 2003).

- Índice de rugosidade: Segundo Christofolletti (1980), o índice de rugosidade combina as quantidades de declividade e o comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando um número adimensional que resulta do produto entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem. Para calcular utiliza-se a seguinte equação (10):

$$Ir= H. Dd \quad (10)$$

Sendo:

Ir= Índice de rugosidade

H= Altimetria

Dd= Densidade de drenagem

- Declividade: A declividade da bacia interfere proporcionalmente na velocidade de escoamento superficial, no tempo de concentração, na magnitude dos picos de enchentes e de infiltração de água, trazendo como consequências maior ou menor grau de erosão, (Rocha &Silva, 2001). A declividade é a Diferença de altitude entre o início e o fim da drenagem dividida pelo comprimento da drenagem.

Quando associada à declividade máxima, possibilita comparações sobre energia máxima e média dentro das bacias hidrográficas (VEIGA, 2013). É expresso pela equação (11):

$$Dm= (Alt.máx- Alt.mín) / Dist.horizontal \quad (11)$$

Em que:

Alt.máx= É a altitude máxima em determinada ordem (em metros);

Alt.mín= Altitude mínima em determinada ordem (em metros);

Dist. Horizontal = Distância projetada no eixo “x” entre as altitudes máximas e mínimas da ordem analisada (em metros).

- **Relevo:** A diferença de relevo estabelece relação direta com a declividade da área, em que essa variação exerce a ação da gravidade sobre as águas, ou seja, quanto maior o valor resultante da relação de relevo maior será o desnível (SCHUMM, 1956), obrigando assim os fluxos a seguirem sempre pelas zonas mais baixas. A equação (12) utilizada para o cálculo será:

$$Rr = Hm/Lc \quad (12)$$

Em que:

Rr= Relação de relevo em m/km;

Hm= Amplitude altimétrica em m;

Lc= Comprimento do canal principal em km.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A bacia do rio Cuiabá apresentou hierarquia de 7ª ordem como descrito na tabela 1. De acordo com o método de Strahler (1952) quanto mais ramificada for à bacia, mais eficiente será seu sistema de drenagem.

Seguindo a ordem hierárquica da bacia, a densidade de seguimento de cada canal corresponde da 1º a 7º ordem respectivamente 0,28; 0,13; 0,07; 0,04; 0,01; 0,01; 0,01, apresentando a diminuição na quantidade de canais em cada ordem conforme aumenta a hierarquia, tabela 1.

De acordo com Strahler (1952) e Christofolleti (1980) os quais afirmam que o resultado obtido na relação de bifurcação nunca pode ser inferior a 2, pois índices mais elevados correspondem a substratos mais rochosos com menor infiltração de água pluvial e maior escoamento superficial, por outro lado, índices menores correspondem aos substratos de maior permeabilidade e de menor escoamento superficial, a variação normal fica entre 3,0 e 5,0. Na bacia do Rio Cuiabá a relação variou de 0,88 a 2,68, tendo uma média de 1,85, mostrando que o relevo onde estão inseridos os cursos d'água de 1º e 2º ordem apresentam-se como colinoso indicando que a bacia possui índice de dissecação baixo conforme apresentado na tabela 1.

No parâmetro (Rib) relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, se os valores do comprimento médio e do índice de bifurcação forem iguais, o tamanho médio dos canais crescerá ou diminuirá na mesma proporção. Caso não sejam iguais, o que é mais comum, o tamanho dos canais poderá diminuir ou aumentar progressivamente com a elevação da ordem dos canais, pois são os fatores hidrológicos, morfológicos e geológicos que determinam o último grau do desenvolvimento da drenagem em determinada bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Por se tratar de um parâmetro que reflete a estruturação interna dos canais na bacia, são de grande validade quando utilizada em análises temporais comparativas (SIQUEIRA, 2001). Com o resultado expresso na Tabela 1, observou-se que, com o aumento da ordem hierárquica dos canais, o valor da Ri aumenta progressivamente, ou seja, quanto maior a hierarquia maior será Ri, mostrando assim a importância do fator geológico no desenvolvimento da drenagem de maior ordem.

**Tabela 1.** Hierarquia Fluvial e relação entre o número de canais e extensão dos canais em cada Ordem da Bacia do Rio Cuiabá.

<b>Ordem</b>	<b>Nº Segmentos</b>	<b>Comprimento (Km)</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Densidade de Seguimentos (Fs)</b>	<b>Rb</b>	<b>Ri</b>	<b>Rib</b>
1º	8288	13863,2	1672,68	0,28	1º/2º ordem	2,17	0,73 0,34
2º	3826	4651,45	1215,75	0,13	2º/3º ordem	1,97	1,04 0,53
3º	1940	2454,2	1265,05	0,07	3º/4º ordem	1,67	1,03 0,62
4º	1161	1517,11	1306,73	0,04	4º/5º ordem	2,68	1,02 0,38
5º	434	579,33	1334,86	0,01	5º/6º ordem	1,76	0,9 0,51
6º	246	296,06	1203,5	0,01	6º/7º ordem	0,88	1,21 0,37
7º	280	406,07	1450,25	0,01	-	-	- -
<b>Total</b>	<b>16175</b>	<b>23767,42</b>	<b>9448, 817</b>	-	-	-	- -

A bacia hidrográfica do rio Cuiabá apresenta uma área, perímetro, comprimento do rio principal e comprimento total dos canais de 29149,48 km<sup>2</sup>, 935,17 km, 699,91 km e 23767,2 km respectivamente Tabela 2. Formas geométricas como índice de circularidade, coeficiente de compacidade e o fator forma, determinam a forma da bacia, sendo o valor de 0,41 para o índice de circularidade o que possibilita inferir que a área da bacia se distancia da área de um círculo, apresentando um alto nível de escoamento, o valor obtido para o coeficiente de compacidade  $K_c$  (Coeficiente de Compacidade) foi 1,53, indicando que, de uma maneira geral, essa bacia é rica em cursos d'água. Esse fato pode ser comprovado pelo fator forma 0,58, indicando assim que a bacia corresponde, portanto, com uma forma alongada, no qual segundo Villela e Matos (1975), as bacias alongadas possuem menor concentração do deflúvio. Além de possuir uma mediana susceptibilidade a enchentes. Se compararmos com o estudo feito por Chiaranda e Soares (2016) obteve-se na mesma bacia parâmetros com diferentes resultados referente à área, perímetro e comprimento do rio principal e o comprimento total das redes de drenagem Tabela 2, isso ocorre pelo fato que o estudo proposto utilizou como banco de dados, a malha hídrica generalizada obtida por Santos e Shiraiwa (2012) nas escalas 1/250.000 e 1/100.000, levando em consideração os cursos d'água de 1º até 7º ordem da bacia. Já o estudo de Chiaranda e Soares (2016), analisou-se os cursos d'água a partir de 3º ordem, ou seja, a malha hídrica menos ramificada.

A densidade de drenagem foi de 0,81 km/km<sup>2</sup>, este pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup> em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km<sup>2</sup> mais em bacias bem drenadas (VILLELA e MATTOS, 1975), o que evidencia que a bacia hidrográfica do rio Cuiabá possui uma densidade de drenagem regular em resposta a uma precipitação. Analisando o resultado obtido por Chiaranda e Soares 2016, a bacia foi caracterizada com drenagem pobre (0,14 km/km<sup>2</sup>), essa diferença está associada a área da bacia e ao comprimento total da rede de drenagem.

Outro importante parâmetro associado à malha hídrica de uma bacia hidrográfica é o coeficiente de manutenção (m<sup>2</sup>), calculado pela relação inversa da rede de drenagem o qual fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento (Christofolletti, 1980 e Schumm, 1957). O resultado obtido do coeficiente de manutenção no presente estudo (Tabela 2) indica que são necessários 1,23 m<sup>2</sup> de área para manter perene um metro do canal fluvial. Já para Chiaranda e Soares 2016, esse valor é menor, cerca de 0,17 m<sup>2</sup>, para tal diferença se leva em consideração a influencia da área, perímetro e o comprimento axial apresentados também na Tabela 2, sendo que estes apresentam resultados relevantes ao serem comparados, exercendo então uma influência sobre o estado ambiental da bacia.

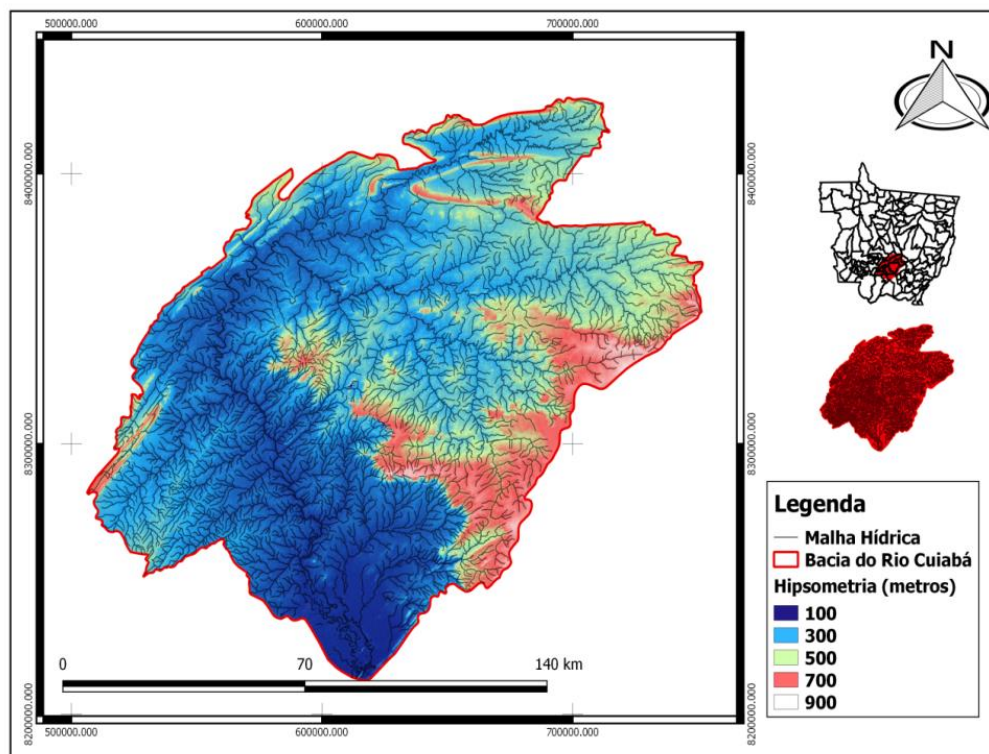
**Tabela 2.** Comparação entre Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá.

Parâmetros	Malha hídrica na	Malha hídrica na escala	Dif. entre parâmetros
	escala de 1/250.000 e 1/100.000	de 1/250.000 (Chiaranda e Soares)	
Área (km <sup>2</sup> )	29.149,48	28.732	417,48
Perímetro (km)	935,17	1.180	-244,83
Comprimento axial (Km)	222,45	345	-122,55
Comprimento do Rio Principal (km)	699,91	709,75	-9,84
Comprimento total dos canais (km)	23.767,2	4.200	19.567,2
Índice de Circularidade	0,41	0,24	0,17
Coefficiente de Compacidade	1,53	1,94	-0,41
Fator Forma	0,58	0,24	0,34
Densidade de Drenagem (Km/Km)	0,81	0,14	0,67
Coefficiente de manutenção (m <sup>2</sup> )	1,23	0,17	1,06

A bacia do Rio Cuiabá apresenta elevação que varia entre 100 metros ao Sul, 300 metros na região Central, 500 metros na região Sudoeste e os pontos mais elevados na região Leste conforme ilustrado na figura 03. Segundo Castro Junior (2001), em altitudes elevadas a temperatura é baixa e apenas uma pequena quantidade de energia é utilizada para evaporar água; ao passo que, em altitudes baixas, quase toda a energia absorvida é usada na evaporação da água, e isso faz com que haja maior evaporação.

A altimetria é a diferença de nível entre dois ou mais pontos em uma determinada área de estudo, possibilitando evidenciar o ponto mais alto e o mais baixo. A bacia do rio Cuiabá apresenta altitude máxima de 764 m, localizada na região de Chapada Dos Guimarães, que possui o relevo em sua maioria considerado como plano, onde também está localizado o divisor topográfico da Bacia, com canais de primeira ordem. A altitude média da bacia é de 347 m, tabela 3, estando nas imediações das cidades de Cuiabá e Varzea Grande. Já a altitude mínima da bacia corresponde a 134 m, tabela 3, sendo representada pelos municípios de Barão de Melgaço e Poconé, localizados na região mais baixa da bacia, caracterizada como planície de inundação denominada de Pananal Mato-grossense.

**Figura 3.** Mapa hipsométrico da bacia do rio Cuiabá.



**Fonte:** SANTOS 2017.

Trentin e Robaina (2005) afirmam que o mapa hipsométrico tem fundamental importância na análise da energia do relevo. Ele indica condições mais propícias à dissecação para áreas de maior altitude, e à acumulação para áreas de menor altitude, fatores observados na bacia em estudo (MARTINI, 2012; SILVA et al., 2011b).

A partir da altimetria foram gerados o índice de rugosidade, declividade e o relevo como visto na tabela 3, esses parâmetros auxiliam na determinação da propensão a erosão da bacia, visto que são analisados a partir da altimetria onde influenciam na ação da gravidade sobre a água e também na velocidade de escoamento, ou seja, consequentemente no potencial erosivo.

As características do relevo interferem diretamente nos cursos fluviais, onde em superfícies de planaltos, as águas dos rios se deslocam mais rapidamente e isso acaba consequentemente gerando um maior desgaste do relevo, podendo formar vales fluviais e o carreamento de sedimentos para as áreas mais baixas do relevo. Já nas superfícies mais aplainadas como as de planícies, a trajetória do escoamento é mais lenta, podendo promover a sedimentação nas margens.

Portanto a declividade e o relevo possuem relação direta, de acordo com a declividade de 0,90 (tabela 3) e a classificação da EMBRAPA (1979) a bacia possui relevo ondulado com mediana á propensão ao carreamento de sólidos.

O índice de rugosidade relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com seu potencial erosivo, dessa forma, quanto maior for o índice de rugosidade, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas. Na presente bacia este índice apresentou valor adimensional de 510,3, calculado a partir relação entre a amplitude e a densidade de drenagem, o que no caso da bacia expressou resultado indicando mediana propensão à erosão, tabela 03.

**Tabela 3.** Parâmetros hipsométricos da bacia do Rio Cuiabá em 2017.

<b>ALTIMETRIA</b>	
HMAX	764
HMIN	134
HMED	347
Amplitude altimétrica (metros)	630
Dist. horizontal (metros)	699
Declividade DM (metros)	0,90
Relevo Rr metros/Km	0,90
Índice de rugosidade Ir	510,3

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As informações obtidas, analisadas e interpretadas dos parâmetros morfométricos da Bacia do Rio Cuiabá forneceram referenciais básicos para o conhecimento dos sistemas, e a partir destes possibilita uma melhor gestão da mesma, proporcionando novos direcionamentos de ações de planejamento. A gestão dos recursos hídricos é uma ferramenta estratégica para gestão territorial, pois além de serem áreas de captação natural da água, são áreas que se estabelecem diversas atividades humanas e estas por sua vez precisam conciliar o uso e ocupação do solo com a proteção e manutenção dos recursos hídricos e dos ecossistemas. Neste contexto, o resultado apresentado pode auxiliar na gestão da bacia, principalmente com relação ao uso e ocupação do solo, tendo em vista que a malha hídrica do estudo apresentado é de 7º ordem, o que muda o diagnóstico da bacia, ao se comparar com a literatura publicada.

A análise morfométrica permitiu identificar que a bacia em estudo é de 7ª ordem, sendo esta bem ramificada e com densidade de drenagem regular em resposta a uma

precipitação. De acordo com o índice de circularidade, coeficiente de compacidade, índice de rugosidade e fator forma, demonstrou que a bacia do Rio Cuiabá possui um formato alongado, e isso contribui para um alto nível de escoamento e menor concentração do deflúvio, uma vez que, o escoamento se concentrará menos no canal principal que drena a bacia, e em condições normais de pluviosidade a bacia em estudo apresenta mediana susceptibilidade a enchentes. O coeficiente de compacidade  $K_c$  (Coeficiente de Compacidade) foi 1,53, indicando que, de uma maneira geral, essa bacia é rica na geração de novos cursos d'água.

Seu relevo se caracteriza nas regiões mais altas como a de Chapada dos Guimarães em planaltos, e nas regiões mais baixas do Pantanal Mato-grossense em planícies, com propensões medianas a processos erosivos e deposição de sedimentos nas regiões baixas por carreamento, decorrente de ondulações no relevo.

Sendo assim, os parâmetros morfométricos são essenciais para a compreensão dos fatores que afetam direta e indiretamente o regime das bacias hidrográficas, auxiliando na elaboração de projetos de gestão, que venham a ser o mais adequado para cada tipo de bacia frente ao seu comportamento identificado, este decorrente da influência de condições naturais e antrópicas ao seu entorno. Sua análise pode-se dar em uma bacia específica como também analisar e comparar diferentes áreas obtendo informações detalhadas da área.

Os índices morfométricos são importantes pressupostos para a prevenção de eventos hidrometeorológicos, como enchentes e estiagens. Além disso, podem ser utilizados para apontar áreas de maior suscetibilidade a processos erosivos, configurando importantes instrumentos para o planejamento e gestão territorial. Como instrumento, os indicadores morfométricos justificam a sua importância na gestão dos espaços urbanos e rurais, e podem contribuir para um melhor aproveitamento dos recursos naturais, bem como na prevenção da degradação desses ambientes. A análise morfométrica da bacia do rio Cuiabá permitiu verificar que as variáveis morfométricas servirão para planejamentos futuros, expansão da área urbana e gestão ambientais regionais como a previsão de enchentes e inundações no município. De modo geral, os parâmetros morfométricos são muito importantes para a compreensão dos fatores que afetam a dinâmica das bacias, pois auxiliam na tomada de decisão e na elaboração dos planos de gestão.

## 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, C. A; Dias, H.C.T.; SOARES, C.P.B. & MARTINS, S.V. **Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo**, Rio de Janeiro. Publicado 2006. Revista *Árvore* 30 (2): 241-248.

CASTRO JUNIOR, E. **O papel da fauna endopedônica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície**. 2001. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CHIARANDA, R; COLPINI, C e SOARES, T.S. **Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá**. *Advances in Forestry Science*, 2016.

CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 269 e 271p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda. 103p. 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **A análise da densidade de drenagem e suas implicações geomorfológicas**. Publicado em 1979. *Geografia* 4(8): 23-42. ed; Rio Claro.

CHRISTOFOLETTI, A. **Aanálise de bacias hidrográficas**. *Geomorfologia*. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980, p. 10-117.

FREITAS, Eduardo de. "A relação entre hidrografia, clima e relevo "; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/a-relacao-entre-hidrografia-clima-relevo.htm>>. Acesso em 15 de novembro de 2017.

HACK, J. T. **Streamprofile analysis and streamgradient index**. U.S. Geol. Survey, Jour. Research, v. 4, n. 1. p. 421-429. 1973.

HACK, JOHN T., "Geomorphology of the Shenandoah Valley, Virginia and West Virginia , and origin of the residual or deposits", U.S. Geol. surv. prof. paper (1965), (484).

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America Bull.** n.56. 1945

LÚCIO, Geraldo. **A bacia do rio Cuiabá é importante na formação do Pantanal Mato-grossense e outras partes do Brasil e do mundo. Turismo rural Mato Grosso.** Publicado em 23 jun. 2011. Disponível em:

<[Http://www.turismoruralmt.com/2011/06/bacia-do-rio-cuiaba-e-importante-na.html](http://www.turismoruralmt.com/2011/06/bacia-do-rio-cuiaba-e-importante-na.html)>

Acesso em: 29 abr. 2017.

MARTINI, L. C. P. **Características morfométricas de microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina.** Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 65-72, jan./mar. 2012.

MILLER, V.C. **A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee.** Office of Naval Research, Geography Branch, Project NR 389-042, Technical Report, 3, Columbia University. 1953.

PEREIRA, A. R. et al. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

ROCHA, J.S.M. da.; SILVAI Kurtz, S.M. de J.M. 2001. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**, 4a ed. - Santa Maria: Edições UFSM CCR/UFSM 302p.

SANTOS, C, C, P, SHIRAIWA, S. **Padronização de limiões de área acumulada máxima para definição de redes de drenagem através de modelos digitais de elevação em diferentes escalas1.** Caminhos de geografia. Publicado em 02 maio. 2012. Disponível em:<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/>

SIQUEIRA, A. G. **Avaliação das alterações na rede de drenagem da subbacia hidrográfica do Rio CapivariMinim-SP.** Dissertação de Mestrado em Geotecnia, (Universidade de São Paulo), São Paulo, 2001, 200p..

SOUZA, A. P; MOTA, L. L; ZAMADEI, T; MARTIM, C. C; ALMEIDA, F. T. e PAULINO, J. **Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso**. Nativa, Sinop, v. 01, n. 01, p.34-43, out. /dez, 2013.

SCHUMM, S. A. e Lichty, R w., " **Time, space and causality in Gemorphology**". Amer. Jour. Science (1965), 263, pp. 110-119.

STUDART, T. **Apostila da Disciplina de Hidrologia Aplicada**, Universidade Federal do Ceará.

STRAHLER, Arthur N., " **Dynamic basis of Geomorphology**", Geol. Soc. America Bulletin (1952), 63, pp. 923-938.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. **Metodologia para mapeamento geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11., 2005, São Paulo. Anais... São Paulo: Ed. da USP, 2005. p. 3606-3615.

VEIGA, A. M.; FORMIGA, K. T.; LINO, N. C.; CARDOSO, M. R. D.; "Caracterização Hidromorfológica da Bacia do Rio Vermelho". In: XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos do Nordeste, João Pessoa, 2011.

VILLELA, S. M. & Mattos, A. **Hidrologia Aplicada**. Editora Mc Graw Hill, São Paulo. Publicado em 1975. 245p.

WILKEN, P.S.-**Engenharia de drenagem superficial**- CETESB, 2978. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/331703507/Paulo-Sampaio-Wilken-Engenharia-de-Drenagem-Superficial>. Acessado em: 30 abr.2017