
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BUGRES: CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS E MORFOLÓGICAS, MORFOMÉTRICAS E A DINÂMICA FLUVIAL

Evandro André **FÉLIX**

Professor da Rede Básica do Estado de Mato Grosso.

E-mail: eafeliks@gmail.com

Célia Alves de **SOUZA**

Professora no Curso de Geografia da Universidade do Estado de Mato Grosso.

E-mail: celiaalvesgeo@globo.com

Juberto Babilônia de **SOUZA**

Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado Mato Grosso
IFMT

E-mail: jubertobabilonia@yahoo.com.br

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo analisar as características ambientais e morfológicas, a morfometria e a dinâmica fluvial na bacia hidrográfica do rio Bugres. A caracterização ambiental foi realizada com uso da base de dados em arquivos no formato vetorial (shapefile), disponibilizada pelo Serviço Geológico do Brasil Secretaria Estadual de Planejamento de Mato Grosso, Imaflora e Instituto SOS Pantanal. Os dados e informações morfológicas e morfométricas foram gerados a partir de MDE Topodata do INPE. A batimetria utilizando o sonar Garmim GPSMAP, a velocidade do fluxo com o molinete fluviométrico e os sedimentos em suspensão coletados na garrafa de Van Dorn. Na análise dos sedimentos de suspensão utilizou-se o método de evaporação. Para fracionamento do material de fundo e de feições deposicionais em areia (grossa, média e fina), silte e argila, utilizou-se o método de pipetagem dispersão total. Nas seções transversais a vazão variou entre $8,82 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e $97,03 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a descarga sólida variou de 76,20 ton/dia, a 1.224,91 ton/dia, houve predomínio de areia fina nos sedimentos de fundo. Os dados da dinâmica fluvial e análise morfométrica das sub-bacias revelam influência dos aspectos ambientais e morfoestruturais no comportamento hidrológico da bacia.

Palavras-chave: Características ambientais. Morfometria. Dinâmica fluvial

BUGRES RIVER WATER BASIN: ENVIRONMENTAL AND MORPHOLOGICAL, MORPHOMETRIC AND FLUVIAL DYNAMICS

ABSTRACT: The present study aimed to analyze the environmental and morphological characteristics, morphometry and river dynamics in the Bugres river basin. The environmental

Revista Equador (UFPI), Vol. 9, Nº 2, p.215 - 234, 2020. ISSN: 2317-3491

Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

characterization was performed using the official database in shp archives, made available by the National Geological Service, State Planning Department of Mato Grosso, Imaflora and Instituto SOS Pantanal. Morphological and morphometric data and information were generated from INPE topodata MDE. The bathymetry using the Garmim GPSMAP sonar, the flow velocity with the flute reel and the suspended sediments collected in the Van Dorn bottle. In the analysis of the suspension sediments the evaporation method was used. For the fractionation of the bottom material and depositional features in sand (coarse, medium and fine), silt and clay, the pipetting method - total dispersion was used. In the cross sections at flow rate 8.82 and 97.03 m³ / s, solid discharge varied from 76.20 to 1,224.91 ton / day. There was a predominance of fine sand in the bottom sediments. Data on river dynamics and morphometric analysis of the sub-basins reveal the influence of environmental and morphostructural aspects on the hydrological behavior of the basin.

Key Word: environmental characteristics; morphometry; river dynamics

CUENCA DEL AGUA DEL RÍO BUGRES: DINÁMICA AMBIENTAL Y MORFOLÓGICA, MORFOMÉTRICA Y FLUVIAL

RESUMEN: El presente estudio tuvo como objetivo analizar las características ambientales y morfológicas, la morfometría y la dinámica del río en la cuenca del río Bugres. La caracterización ambiental se realizó utilizando la base de datos oficial en archivos shp, disponible por el Servicio Nacional de Geología, el Departamento de Planificación del Estado de Mato Grosso, Imaflora y el Instituto SOS Pantanal. Los datos e información morfológicos y morfométricos se generaron a partir de datos topográficos INPE MDE. La batimetría utilizando el sonar Garmim GPSMAP, la velocidad de flujo con el carrito de flauta y los sedimentos suspendidos recogidos en la botella Van Dorn. En el análisis de los sedimentos en suspensión se utilizó el método de evaporación. Para el fraccionamiento del material del fondo y las características de depósito en arena (gruesa, media y fina), limo y arcilla, se usó el método de pipeteo: dispersión total. En las secciones transversales con caudales de 8.82 y 97.03 m³ / s, la descarga de sólidos varió de 76.20 a 1,224.91 toneladas / día, predominando la arena fina en los sedimentos del fondo. Los datos sobre la dinámica de los ríos y el análisis morfométrico de las subcuencas revelan la influencia de los aspectos ambientales y morfoestructurales en el comportamiento hidrológico de la cuenca.

Palabras clave: características ambientales; morfometría dinámica del río

INTRODUÇÃO

O estudo da dinâmica e da interação dos elementos ambientais (geologia, clima, relevo e solo) de uma bacia é fundamental ao planejamento e a gestão ambiental. As interações entre os componentes ambientais (climáticas, minerais, texturais) e estruturais resultam em estruturas geomorfológicas e pedológicas distintas, que apresentam maior ou menor resistência à ação dos processos erosivos que impactam de diferentes formas a rede de drenagem (SANTOS; ARAÚJO, 2013).

A diversidade de formas resultante da interação dos componentes ambientais, o estudo e o levantamento morfométrico de bacias hidrográficas constituem importante ferramenta de

diagnóstico ambiental. Para Christofoletti (1980, p. 106), “esta técnica permite a visualização do conjunto de canais sob a ótica quantitativa, permitindo novas possibilidades metodológicas de análise”. Para Machado *et al.* (2011, p. 1141), a técnica “objetiva estabelecer as relações entre os parâmetros mensuráveis de uma bacia hidrográfica e os seus condicionantes”.

Alguns trabalhos internacionais destacam-se, como os de (Brabets; Conaway, 2009), sobre a Geomorfologia e dinâmica do rio do cobre no Alaska, Estados Unidos; o monitoramento da dinâmica fluvial do sistema Solimões-Negro-Amazonas desenvolvido por meio de parceria entre Brasil (CPRM) e França; e os trabalhos de de caracterização morfométrica e priorização de bacias hidrográficas para o planejamento gerencial nos trópicos semi-áridos da Índia (AHER *et al.*, 2014),

No Brasil alguns estudos relacionados às mudanças morfológicas e hidrodinâmica destacam-se: Leandro e Souza (2012), Souza (2004), Brito *et al.* (2009), Araújo (2011) e Cavalcante e Cunha (2011). Sobre os aspectos morfométricos, destacam-se: Arraes *et al.* (2010), Soares *et al.* (2016) e Salles (2010).

O processo de uso/ocupação da terra no córrego Bugres iniciou-se a partir de 1960 desde então, a sub-bacia passou por mudanças socioambientais. Esse processo também tem contribuído com alterações significativas no regime fluvial do córrego. Portanto, a compreensão de como o uso/ocupação está influenciando na disponibilidade de água e aporte de sedimentos.

A retirada da vegetação ciliar das margens para a prática de atividades agropecuárias deixou muitos trechos da sub-bacia vulneráveis aos processos erosivos, influenciando na alteração as características morfológicas e no aumento do aporte de sedimentos do rio Paraguai.

O presente estudo teve como objetivo analisar as características ambientais, morfológicas, morfométricas e a dinâmica fluvial na bacia hidrográfica do rio Bugres.

MATERIAIS E MÉTODOS

Atividade de gabinete

A aquisição das bases de dados foi por meio de dados oficiais em arquivos *shapefile* do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Secretaria Estadual de Planejamento (SEPLAN-MT), Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (Imaflora), Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A base de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) na escala 1:1.000.000 compôs os mapas das unidades geológicas, geomorfológicas e sistema de aquíferos. Os dados da Secretaria Estadual de Planejamento – SEPLAN-MT (2001) compuseram os Mapas das Unidades pedológicas, climáticas, precipitação e temperatura, disponíveis na escala de 1:250.000. As bases cartográficas de unidade geomorfológicas (CPRM), hipsométrica e unidades climáticas (SEPLAN). Os mapas foram elaborados no *ArcGIS®* versão 10.3.

O mapa das sub-bacia foi gerado automaticamente na ferramenta “*ArcHydro*” do *ArcGIS®*. Uma vez delimitadas, foram estabelecidos três pontos de análise da dinâmica fluvial.

Morfometria

Para a confecção dos mapas de drenagem da bacia utilizou-se como material básico a Carta geomorfométrica - Modelo MDE do bando de dados Geomorfométricos – Topodata, com processamento de dados altimétricos SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e escala de 1:250.000, disponível gratuitamente no site do INPE. Para classificação dos parâmetros morfométricos, foi utilizado o método de Strahler (1957) (tabela 01).

Tabela 1- parâmetros morfométricos, fórmulas e padrão de referência.

| Parâmetros | Fórmula | Padrão de referência |
|---|---|--|
| LINEARES | | |
| Relação de bifurcação Rb (N°T/km ²) | $Rb = \frac{N}{N + 1}$ Rb é a relação de bifurcação; N é o número de segmentos 1° ordem e N+1 é número de segmentos da ordem superior. | A razão de bifurcação tende a ser constante e geralmente varia entre 3,0 e 5,0, porém não será exatamente a mesma de uma ordem a outra (STRAHLER, 1964). |
| Gradiente de canais (Gc) | $G_c = \frac{A m^x}{C_{cp}} \times 1000$ A m^x = Altitude máxima em metros e C_{cp} = Comprimento do canal principal em metros. | De acordo com Horton (1945), o gradiente de canais tem por finalidade indicar a declividade dos cursos d’água (NARDINI <i>et al.</i> , 2013). |
| Índice de sinuosidade (Is) | $I_s = \frac{C_{cp}}{C_B}$ I_s é o índice de sinuosidade; C_{cp} é o comprimento do rio principal, e C_B é o comprimento do eixo da bacia. | Schumm (1963) apresenta uma classificação para riachos com base no seu índice de sinuosidade: tortuosos (2,1), irregulares (1,7), regulares (1,5), transicionais (1,2) e retilíneos (1,0). |

| AREAL | | |
|---|--|--|
| Fator de forma – (<i>Ff</i>) | $L_m = A / C_b \quad F_f = \frac{L_m b}{C_b}$ <p>A largura média (L_m) obtém-se dividindo a área (A) pelo comprimento da bacia (C_b).</p> | 1,00 - 0,75: Circular, alta tendência 0,75 - 0,50: Ovalada. tendência mediana 0,50 - 0,30: Alongada. baixa tendência < 0,30: Comprida com tendência a conservação (nada propensa a enchente) (NARDINI <i>et al.</i> , 2013). |
| Coeficiente de compactidade – (<i>Kc</i>) | $K_C = 0,28 x \frac{P}{\sqrt{A_{km^2}}}$ <p>Onde: P – Perímetro e A_{km^2} - Área da bacia em quilômetros quadrados</p> | Valores entre 1,00 e 1,25: alta propensão; de 1,25 a 1,50: média; e valores superiores a 1,50 representam bacias não propensas a enchentes (COSTA; LANÇA, 2001). |
| Índice de circularidade - (<i>Ic</i>) | $I_c = \frac{12,57 x A}{P^2}$ <p>Onde: A área em km^2 e P= perímetro 2</p> | 1,00 - 0,8: Circular, alta tendência 0,8 - 0,6: Ovalada, tendência mediana 0,6 - 0,40: Alongada, baixa tendência < 0,40: Comprida com tendência a conservação (nada propensa a enchente) (NARDINI <i>et al.</i> , 2013). |
| Densidade hidrográfica – (<i>Dh</i>) (Canais/ km^2) | $D_h = \frac{T_c}{A}$ <p>D_h = Densidade hidrográfica e o T_c= Números total de canais e A = Área da bacia.</p> | Proposta por Horton (1945), estabelece a relação entre o número de cursos d’água e a área, alta densidade hidrográfica, pode inferir maior capacidade de gerar canais, independentemente de suas extensões (VEIGA <i>et al.</i> , 2013). |
| Densidade de drenagem (<i>Dd</i>) (km/km^2) | $D_d = \frac{C_{tc}}{A_{bh}}$ <p>C_{tc}= Comprimento total de canais em km; A_{bh} = Área da bacia em km^2</p> | Até 0,5; baixa densidade; de 0,5 a 2,00: média; 2,01 a 3,50: alta; e valores superiores a 3,50: densidade de drenagem muito alta (BELTRAME, 1994). |
| Coeficiente de manutenção (<i>Cm</i>) (m/m^2) | $C_m = \frac{1}{D_d} x 1.000$ <p>C_m é o coeficiente de manutenção. e D_d é a densidade de drenagem.</p> | Representa a quantidade de área necessária para manter ativo um quilômetro (km) de canal fluvial (Schumm, 1956), (TRAJANO <i>et al.</i> , 2012, p. 25). |
| HIPSOMÉTRICO | | |
| Relação de relevo (<i>Rr</i>) | $R_r = \frac{H_{mx}}{C_B}$ <p>H_{mx} = Amplitude máxima ; C_{Bh} = maior comprimento da bacia</p> | Segundo Schumm (1956), quanto maior o valor de R_r , maior será o desnível entre a cabeceira e a foz, conseqüentemente maior será a declividade média da bacia, e maior o escoamento superficial (CHRISTOFOLETTI, 1980). |
| Índice de rugosidade – | $I_r = H x D_d$ | Este índice mostra a relação de declividade com os |

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| (Ir) | Ir é o índice de rugosidade; H é a amplitude altimétrica, e Dd é a densidade de drenagem. | comprimentos dos canais, sendo que quanto maior for o índice, mais colinoso e dissecado o relevo (maiores declividades). e canais mais entalhados (CASTRO; CARVALHO, 2009). |
| Razão de textura (Rt) | $Rt = \frac{Ns^{1^\circ}}{P}$ Ns ^{1°} é o número de segmentos de 1ª- ordem e o perímetro P da bacia. | Para Smith (1950), a razão de textura pode ser agrupada em muito grossa (< 2,0), grossa (2,0 < 4,0), moderada (4,0 < 6,0), fina (6,0 < 8,0) e muito fina (> 8,0) (FRANÇA, 1968). |

Os intervalos de declividade foram estabelecidos conforme a Embrapa (2018), de modo que as classes foram apresentadas da seguinte maneira: 0% – 3% (plano), 3 % – 8% (suave), 8% - 20% (ondulado), 20 % - 45% (forte ondulado), 45 % - 75% (montanhoso), acima de 75%, escarpado.

Cálculo de vazão e de descarga sólida em suspensão

Os valores da área da seção molhada foram obtidos com a fórmula: $A = L \times P$ (CUNHA, 2009), em que: **A** = Área da seção; **L** = Largura do canal; **P** = Profundidade média.

Para obter o cálculo da vazão, utilizou-se a seguinte fórmula: $Q = V \times A$ (CUNHA, 2009), em que: **Q** = Vazão; **V** = Velocidade das águas; **A** = Área.

Para obter os valores de descarga sólida em suspensão (QSS), foi determinada a fórmula de Carvalho (2008) é estimado por meio da seguinte equação:

$$Q_{ss} = \sum (c_{ssi} \times Q_{li}) \times 0.0864$$

Onde:

Q_{ss} = descarga sólida em suspensão (t/dia⁻¹),

c_{ssi} = concentração de sedimentos em suspensão da vertical (mg/l⁻¹);

Q_{li} = descarga líquida da respectiva vertical (m³/s⁻¹);

0,0864 = segundos totais em 24 horas (s.dia⁻¹)

Trabalho de campo

Para a coleta da carga suspensa, foi utilizado o amostrador pontual denominado “garrafa de Van Dorn”. Uma vez coletada, a amostra foi armazenada em garrafas plásticas de

um litro, enxaguada duas vezes com a própria água do rio, a fim fazer ambientação. Em seguida as garrafas foram etiquetadas com dados referentes a cada ponto.

Os sedimentos de fundo foram coletados com a draga do tipo *Van Veen* (amostrador de mandíbulas). As amostras foram armazenadas em sacolas plásticas transparentes de um litro e etiquetadas com dados sobre a localização para análise granulométrica.

A medição da profundidade dos canais foi realizada com régua e ecobatímetro, auxiliado com GPS *Garmin 420s*. A velocidade, por sua vez, foi medida com uso do molinete fluviométrico modelo CPD-10. Para obtenção da largura, foi utilizada ferramenta régua do programa *Google Earth*, trena a laser de 100 metros *Bosch*.

Atividade de laboratório.

Sedimentos de fundo (Granulometria)

Para processo de quantificação das frações de areia, silte e argila, foi utilizado o processo da pipetagem (dispersão total) (EMBRAPA, 1997), utilizando-se amostras de 20 g de sedimentos, mantidas por 12 horas em contato com a solução do dispersante químico (NaOH 0,1 m.l-1), seguido de agitadas em alta rotação (12.000 rpm) por 15 minutos. A obtenção da fração de argila usou o método da pipeta, que consiste em pipetar um volume da suspensão seguida de secagem em estufa.

Concentração de sólido suspenso

Para a obtenção dos percentuais de sedimentos suspensos foi aplicado o método de evaporação, em que o volume de amostra é colocado em Becker pesado e levado à estufa modelo TE-394/2 (65°C) para a retirada da umidade. Por meio de diferença de peso, extrai-se a quantidade de sedimento em suspensão, representado em mg/L (LELI *et al.*, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sub-bacia do rio Bugres

A sub-bacia do rio Bugres está localizada na porção NO da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, rede de drenagem disposta na diagonal, sentido NO/SE, possui o padrão meandrante e irregular, sendo de 7ª ordem. Possui onze formações geológicas, sete unidades de relevo e duas subunidades climáticas, com desenvolvimento de sete tipos de solo até o terceiro nível categórico. O uso da terra é composto por 83,05% de pastagens, restando apenas 14,72% de vegetação remanescente, favorecendo assim o escoamento superficial.

Unidades geológicas

Na sub-bacia, predomina a Formação Alto Guaporé (Tabela 2 e Figura 1), ocupando 49,77%. As outras dez unidades geológicas somadas totalizam 50,23 % da área.

Tabela 2 - Sub-bacia do Rio Bugres: unidades geológicas.

| Nº | Unidades geológicas | Area km ² | % |
|--------------|---|----------------------|-------|
| 01 | Alto Guaporé | 565,27 | 49,77 |
| 02 | Alto Jauru | 155,47 | 13,69 |
| 03 | Alvorada | 23,62 | 2,08 |
| 04 | Araras | 37,75 | 3,32 |
| 05 | Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas | 5,73 | 0,50 |
| 06 | Fortuna | 3,38 | 0,30 |
| 07 | Pantanal - fácies depósitos aluvionares | 31,12 | 2,74 |
| 08 | Pantanal - fácies terraços aluvionares | 105,33 | 9,27 |
| 09 | Puga | 15,12 | 1,33 |
| 10 | Santa Cruz | 161,52 | 14,22 |
| 11 | Tonalito Cabaçal | 31,40 | 2,76 |
| Total | | 1.136,00 | 100 |

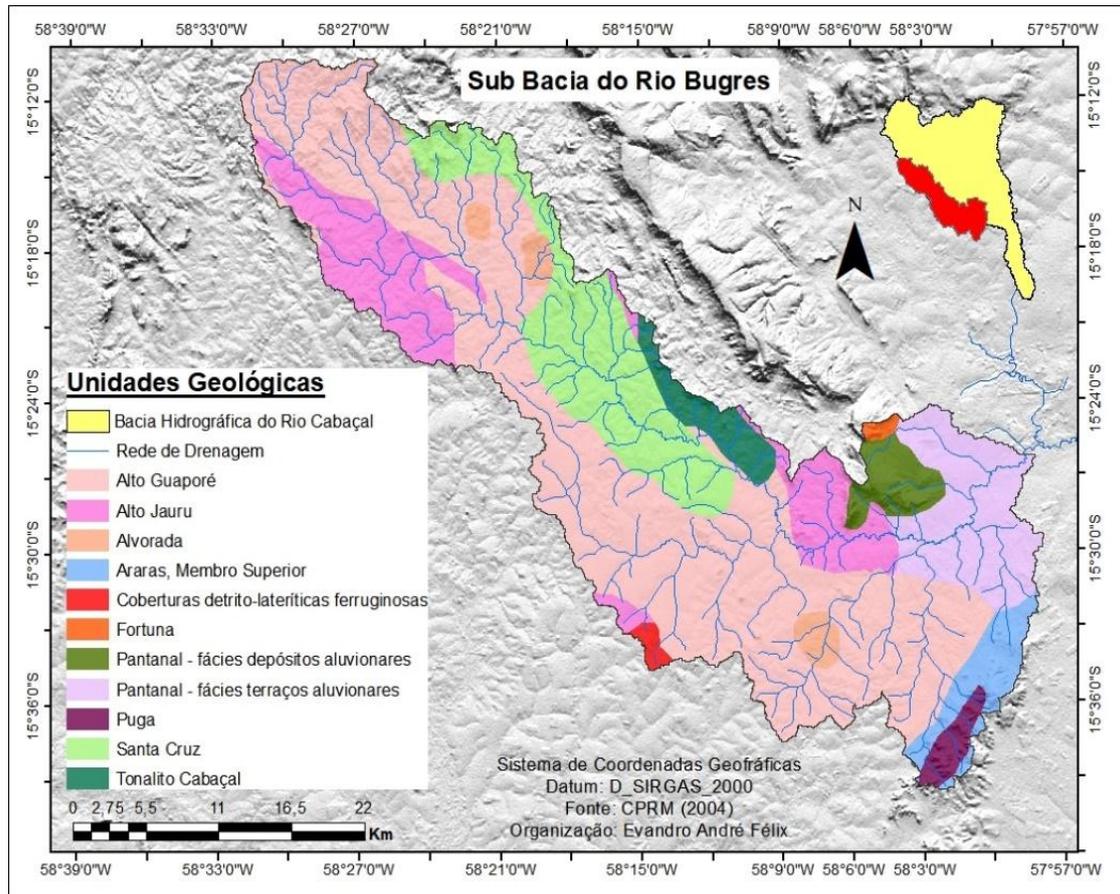
Fonte: CPRM (2004).

Caracterizado como formação predominante, o complexo alto Guaporé, de natureza intrusiva, é constituído de rochas metamórficas (paragnaisse — parcialmente migmatizado—, ortognaisse, granodiorito, tonalítico, gnaisse migmatítico, subordinadamente anfibolito, xisto e quartzito). Seguindo o padrão das demais formações ígneas intrusivas, tem rede de drenagem dendrítica típica com canais entalhados no relevo com leito encaixado (ALMEIDA, 1964).

O Grupo Alto Jauru apresenta afloramentos metabasitos toleíticos com raros níveis e metatufo andesítico a riodacítico, xisto pelítico, BIF, grafita xisto quartzo sericita xisto, sericita-clorita-quartzo xisto, quartzito e paragnaisse (CPRM, 2004). Menoncello (2016) classifica a formação como uma sequência metavulcanossedimentar, constituída principalmente por anfibólitos, micaxistos e paragnaises, com disposição dos afloramentos no sentido NO/SE. Ocorre na parte central do médio curso da bacia e nos limites topográficos com a bacia do Jauru. O padrão de drenagem é do tipo dendrítico típico, refletindo um padrão de drenagem comum de áreas sobre formações de

rochas cristalinas (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

Figura 1-Sub-bacia do rio Bugres unidades geológicas.



Fonte: CPRM (2004).

A formação denominada Tonalito Cabaçal refere-se ao corpo intrusivo em rochas metavulcano-sedimentares do complexo Cabaçal e gnaisses e migmatitos dos gnaisses Aliança. Apresenta-se de forma alongada e marcada por foliação tectônica. Comumente apresenta xistosidade, no entanto, em áreas de alta deformação, adquire o aspecto milonítico típico de zonas de cisalhamento (ARAÚJO, 2008).

A suíte intrusiva Santa Cruz é composta por rochas monzogranito rosa, de granulometria de média a grossa e foliado (CPRM, 2004). Para Ruiz (1992) *apud* Araújo, (2008) trata-se de um batólito com direção NN/W, o qual foi indentificado na região de Cachoeirinha. Conforme o autor, tem uma fácies dominante (rochas leucocráticas, de cor rosa, inequigranulares grossas a médias, foliadas, classificadas como biotita monzogranitos e biotita sienogranitos).

A Formação Puga, integrando o grupo Cuiabá, é composta por rochas de diamictito associado a paraconglomerado, arenito, siltito e folhelho, por diamictitos com intercalações de arenitos finos e siltitos depositados em discordância angular sobre o embasamento do Cráton amazônico e recoberta concordantemente pela formação Araras (CPRM, 2004).

Unidades do relevo

A sub-bacia dispõe de ampla diversidade de unidade do relevo (Tabela 3), com predomínio de colinas amplas e suaves ocupando 54,33% dos 1.135,70 km² da sub-bacia. Abrangendo 20,61 % da área da bacia, o domínio de morros e serras baixas é o segundo maior; ambos preenchem a porção central da rede de drenagem, estendendo-se de alto a baixo curso (Figura 2).

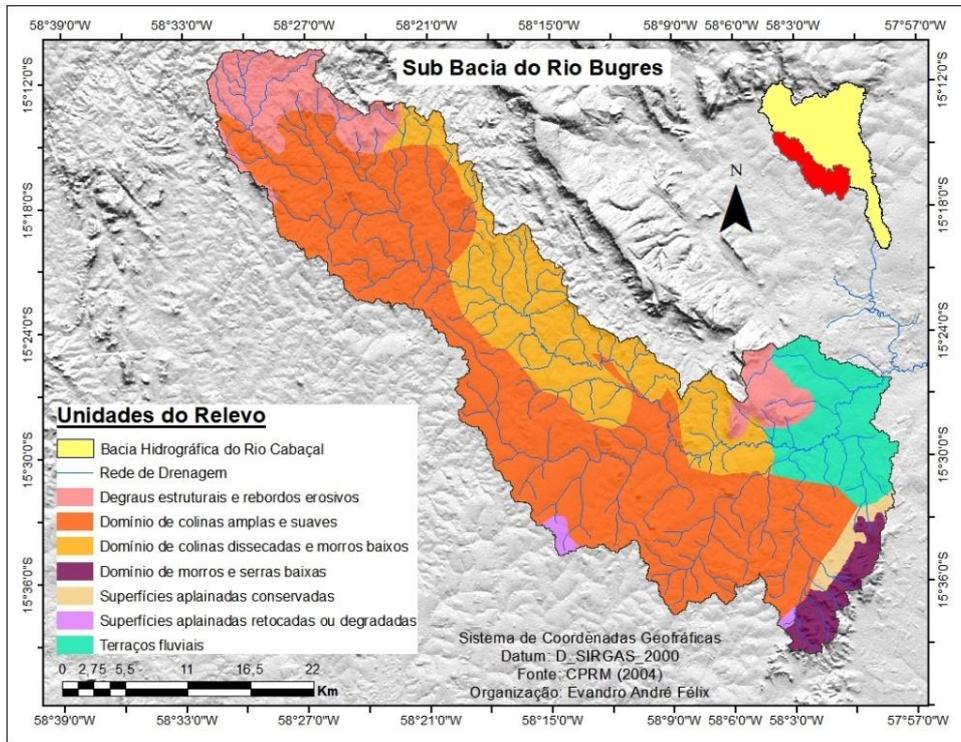
Tabela 3 - Sub-bacia do rio Bugres: unidades do relevo.

| Nº | Unidades do relevo | Area km ² | % |
|--------------|--|----------------------|--------|
| 01 | Superfícies aplainadas conservadas | 15,71 | 1,38 |
| 02 | Degraus estruturais e rebordos erosivos | 120,67 | 10,62 |
| 03 | Domínio de colinas amplas e suaves | 617,06 | 54,33 |
| 04 | Domínio de colinas dissecadas e morros baixos | 234,05 | 20,61 |
| 05 | Domínio de morros e serras baixas | 35,49 | 3,12 |
| 06 | Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas | 7,40 | 0,65 |
| 07 | Terraços fluviais | 105,33 | 9,27 |
| Total | | 1.136,00 | 100,00 |

Fonte: CPRM (2004)

O domínio das colinas amplas e suaves ocorre de NO a SE e compreende uma área de 620,95 km². Estendendo-se de alto a baixo curso da bacia, compõe o divisor topográfico da bacia hidrográfica do rio Cabaçal e Jauru. Integra também as sequências vulcânicas komatiítica, associadas a talco-xistos, anfíbolitos, cherts, formações ferríferas e metaultrabasitas.

Figura 2-Sub-bacia do rio Bugres: distribuição das unidades do relevo.



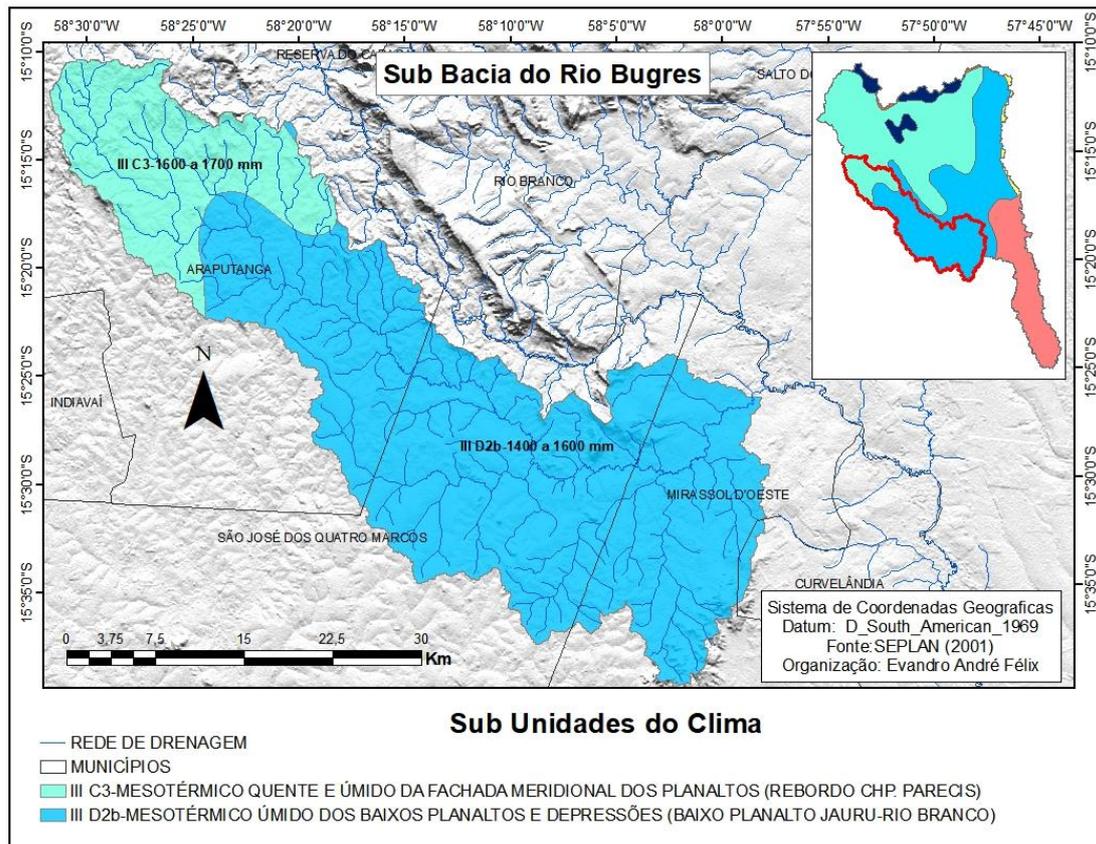
Fonte: CPRM (2004)

O domínio de colinas dissecadas e morros baixos compreendem a porção centro leste da bacia, no divisor topográfico dos rios Cabaçal e Bugres, e abrangem uma área de 234,05 km². O caimento topográfico é moderado, e há predomínio de sistema de aquífero fissural de potencial hidrogeológico local bastante irregular, tem canais, entalhados no relevo. Caracterizado como um domínio quase que exclusivo da sub-bacia do rio Bugres, o domínio dos morros e serras baixas ocupa uma pequena porção (35,49 km²), localizada a leste da transição do médio e baixo curso, no limite entre os municípios de Mirassol D'Oeste e Curvelândia.

Subunidades do clima

Conforme (Figura 3) a bacia dispõe de três subunidades climáticas. Nas áreas de cabeceiras predomina clima mesotérmico quente e úmido da fachada meridional do planalto dos Parecis (IIC3) (1600 a 1700 mm), com a estação seca se estendo por cinco meses.

Figura 3-Sub-bacia do rio Bugres: subunidades do clima.



Fonte: SEPLAN (2001)

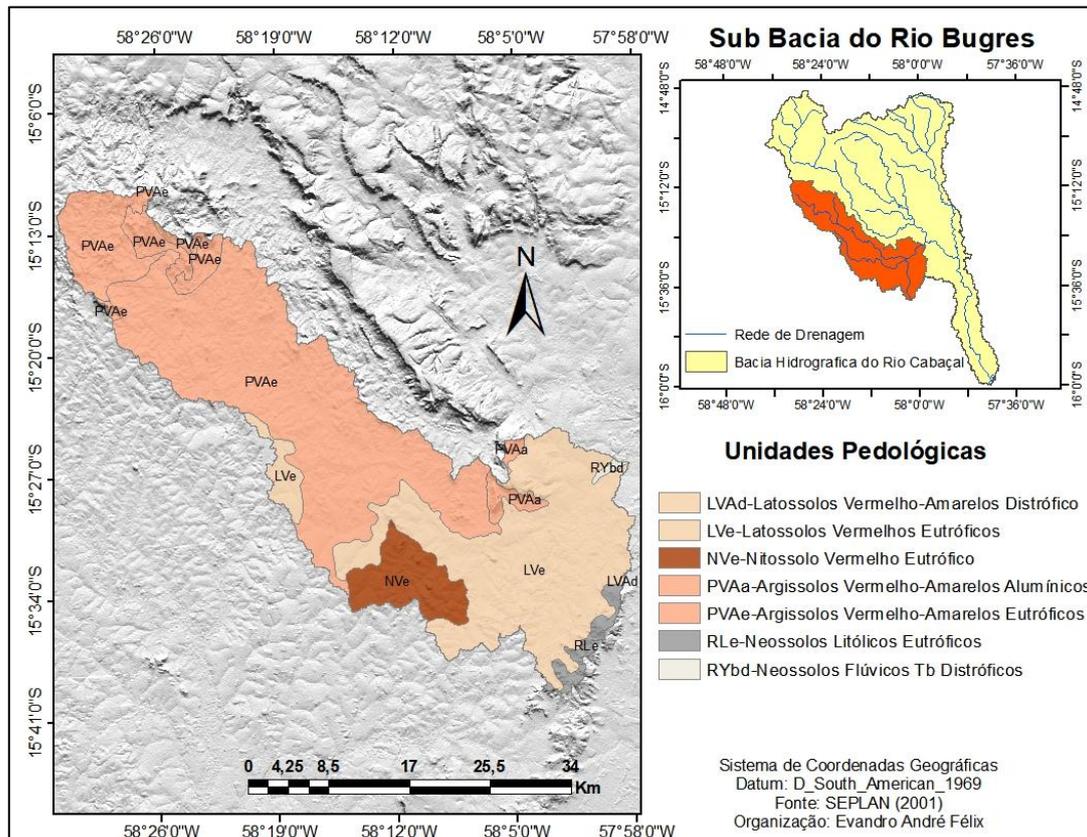
De alto ao baixo curso, prevalece a subunidade climática do baixo planalto Jauru-rio Branco (IID2b), que apresenta precipitação anual entre 1400 a 1600 mm, com período de estiagem podendo se estender por até seis meses (maio a outubro).

Unidades Pedológicas

Conforme a SEPLAN (2001), a sub-bacia é composta principalmente por argissolos vermelho-amarelos eutróficos (54,89%), ocupando áreas de alto e médio curso, latossolos vermelhos eutróficos e nitossolo vermelho eutrófico (de médio a baixo curso) (Figura 4 e Tabela 4).

A classe dos argissolos e latossolos constitui os grupos pedológicos de maior ocorrência na sub-bacia; somados ocupam pouco mais de 90% da área, com predomínio da atividade pecuária em toda extensão da bacia.

Figura 4 - Sub-bacia do rio Bugres: unidades pedológicas.



Fonte: SEPLAN (2001)

Tabela 4- Unidades pedológicas Sub-bacia do rio Bugres a partir da SEPLAN (2001)

| Nº | Unidades pedológicas | Area Km ² | % |
|--------------|---|----------------------|---------------|
| 01 | LVAd-Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos | 2,52 | 0,22 |
| 02 | LVe-Latossolos Vermelhos Eutróficos | 396,26 | 34,92 |
| 03 | NVe-Nitossolo Vermelho Eutrófico | 73,41 | 6,47 |
| 04 | PVAa-Argissolos Vermelho-Amarelos Alumínicos | 18,54 | 1,63 |
| 05 | PVAe-Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos | 622,89 | 54,89 |
| 06 | RLe-Neossolos Litólicos Eutróficos | 20,21 | 1,78 |
| 07 | RYbd-Neossolos Flúvicos Tb Distróficos | 3,01 | 0,27 |
| Total | | 1.136,00 | 100,00 |

Morfologia e morfometria

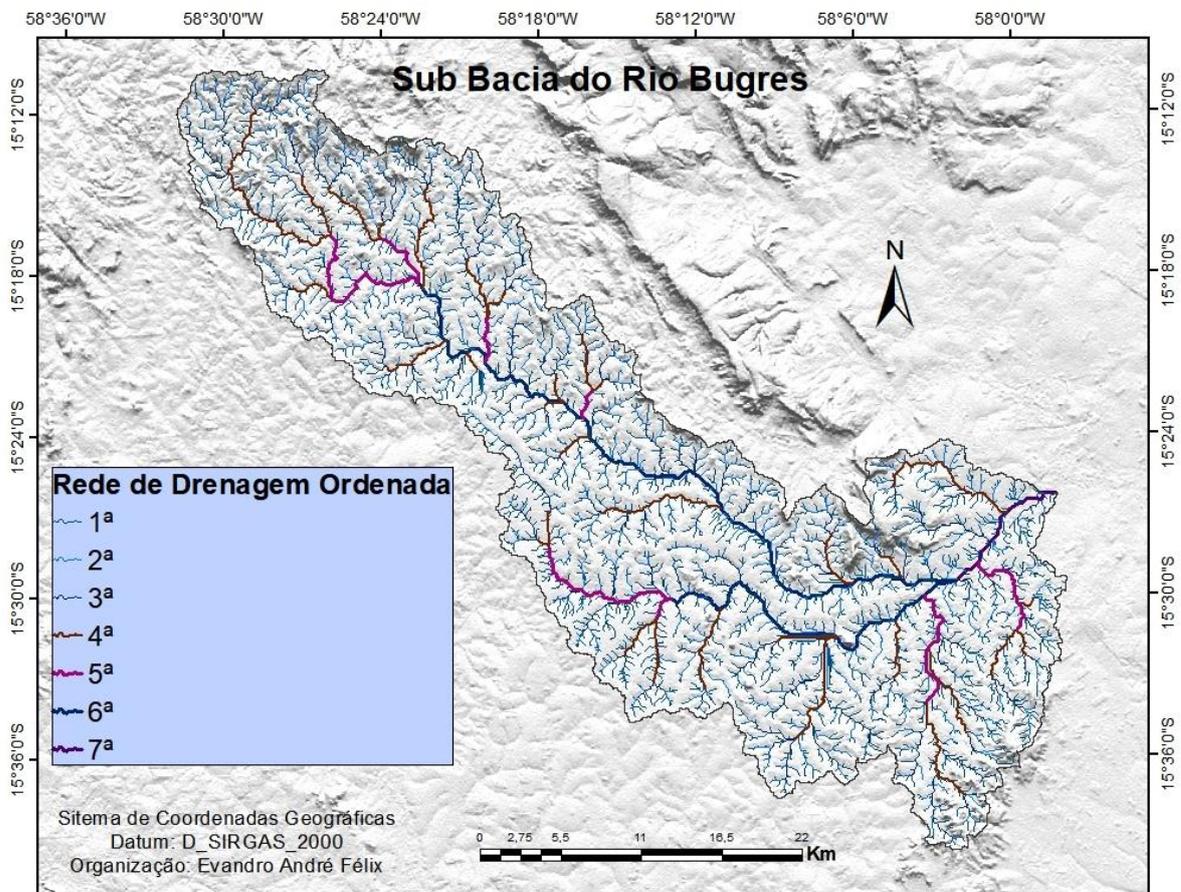
A sub-bacia dispõe de 2.446,05 km de rede de drenagem sobre estruturas geológicas de origem ígnea intrusiva e extrusiva de baixa porosidade primária (0 a 15%) (CPRM, 2004). Esta característica geológica lhe confere uma relação de bifurcação de 4,57, representando elevado nível de ramificação da rede de drenagem, de padrão dendrítico, classificada como

sendo de 7ª ordem (Figura 5). Com relevos caracterizados por degraus estruturais e rebordos erosivos, colinas amplas e suaves, o uso da terra é marcado pela atividade pecuária.

A análise linear mostra que a sub-bacia dispõe de gradiente de canais de 5,60% de declive, com índice de sinuosidade de 1,66. Este valor próximo a padrão retilíneo pode estar relacionado ao substrato geológico de origem ígnea com sistema de faturamento variável, entre zonas de cisalhamento e formações intensamente fraturadas (batólitos e tonaliços) que influenciam a orientação da drenagem nos vales.

Os dados de área representados pelo fator de forma de 0,26, índice de circularidade de 0,12 e índice de compacidade de 2,37 revelam uma sub-bacia não propensa a inundação, por apresentar formato alongado que, associado ao gradiente de canais, lhe confere um sistema de escoamento eficiente, aumentando o tempo de concentração das águas superficiais em condições normais e anormais de precipitação.

Figura 05 -Sub-bacia do rio Bugres, rede de drenagem ordenada

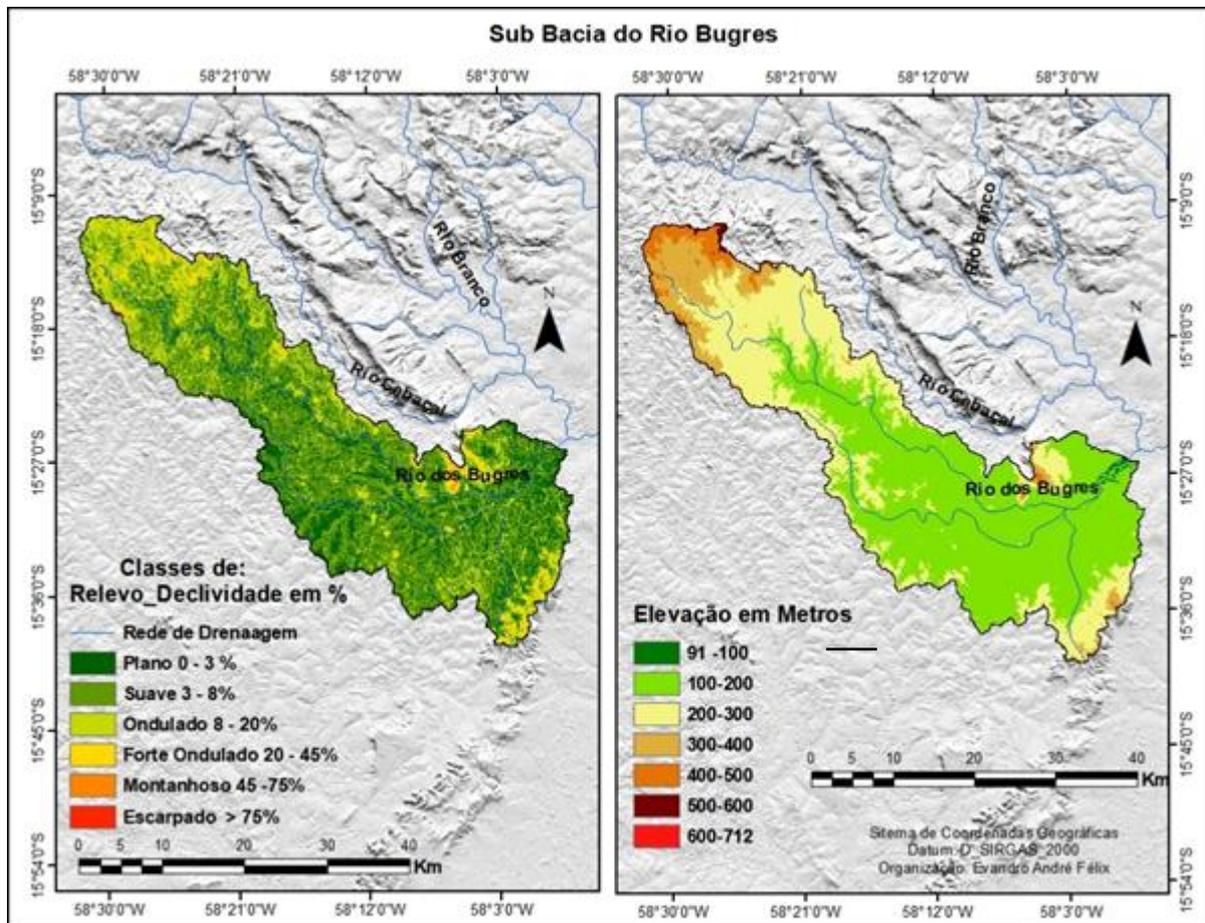


Fonte: os autores (2020)

Os valores obtidos com a densidade de drenagem de 2,17 km/km² e a densidade de rios de 2,84 canais por km² e coeficiente de manutenção de 460 m² para cada metro de canal confirmam a elevada capacidade de drenagem da sub-bacia. De acordo com Villela e Mattos (1975) o índice da densidade de drenagem pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre e a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas.

O levantamento dos dados hipsométricos (Figuras 6) aponta para o predomínio das altitudes médias e baixas (100 e 300 m). As altitudes mais elevadas estão concentradas no extremo das cabeceiras, prevalecendo assim um típico padrão de vale, com relevos suaves ondulados (Tabela 36) na porção central. A sub-bacia apresenta desnível de 7,05 metros de declive a cada quilômetro linear que, associado à densidade de drenagem, evidencia um relevo com taxa de rugosidade de 1007,2 e razão de textura de 7,72, indicando relevo de textura fina. Tais parâmetros indicam a predominância de relevo marcado por colinas suavizadas, com canais moderadamente entalhados.

Figura 06 - Sub-bacia do rio Bugre: declividade e hipsometria classes de valores de elevação.



Fonte: os autores (2020)

Os dados corroboram com parâmetros morfométricos de gradiente de canais, densidade de drenagem e índice de rugosidade que evidenciam alto nível de entalhamento do relevo. Constituída predominantemente por substrato geológico ígneo intrusivo de baixa porosidade e ocupada por mais de 80% da área por pastagens, a sub-bacia apresenta elementos que favorecem o escoamento superficial. Se forem mal manejadas, estas áreas poderão sofrer desequilíbrios, impactando a vasta rede de drenagem, por meio de assoreamento e lixiviação do solo. A supressão da vegetação remanescente também pode comprometer a disponibilidade hídrica de sub superfície.

A Sub-bacia do rio Bugres possui 92 % de área sob domínio do aquífero Fraturado centro sul. Neste contexto hidrogeológico favorável ao escoamento superficial e baixa retenção de águas de aquífero, foram monitoradas três seções na bacia: a primeira no alto curso, a segunda no médio e a terceira seção no baixo curso do rio Bugres, próximo da confluência com o rio Cabaçal, onde predomina o aquífero Pantanal de natureza porosa.

Seção I – Rio Bugres alto curso

Na seção I, encontra-se no alto curso da bacia, nas coordenadas geográficas 15° 21' 07" S e 58° 21' 16" O. A vazão no período chuvoso foi de 28,07 m³/s e 8,82 m³/s na estiagem. A Concentração de Sólido Suspenso foi de 200 mg.L⁻¹ no período chuvoso e de 100 mg.L⁻¹ na estiagem. A descarga sólida foi de 485,05 ton/dia no período chuvoso e 76,20 ton/dia na estiagem. No período de chuvoso apresentou maior concentração de areia fina e média (52,55% fina, 41,05%).

Na estiagem ocorreu aumento do volume de areia média e grossa (20,35 % fina, 61,75% média e 16,45% areia grossa), com presença de barras de sedimentos. Na margem direita, a mata ciliar apresenta regeneração, a margem esquerda é ocupada por pastagem, em que o gado acessa a água do rio. Aspecto comum nos domínios da sub-bacia, uma vez que a pecuária ocupa quase que a totalidade das áreas (83,052%), elementos de uso que potencializa o escoamento superficial, comprometendo as taxas de recarga do sistema de aquífero naturalmente de baixa disponibilidade hídrica.

Seção II – rio Bugres médio curso

Na seção II no médio curso, nas coordenadas geográficas 15° 28' 52" S e 58° 09' 10" O. O rio Bugres apresentou vazão de 96,03 m³/s no período de cheia e de 21,00 m³/s na estiagem. A Concentração de Sólido Suspenso de 160 mg.L⁻¹. A carga suspensa foi de 1.327,52 ton/dia no período chuvoso e 290,30 ton/dia na estiagem.

Seção III – Rio Bugres baixo curso

A seção III encontra-se próximo da confluência dos rios Bugres e Cabaçal, nas coordenadas geográficas 15° 25' 55" S e 57° 58'20" O. Nesta seção apresentou vazão de 61,64 m³/s no período, enquanto, na estiagem, a vazão decresceu para 13 m³/s. As concentrações de C_{ss}i foram de 230 mg.L⁻¹ no período chuvoso e 70 mg.L⁻¹ na estiagem, com descarga sólida suspensa de 1.224,30 ton/dia na cheia e 78,62 ton/dia na estiagem. Os sedimentos de fundo no período chuvoso apresentaram oscilação de areia média, fina e silte. Na estiagem houve aumento da concentração de sedimentos mais grosseiros, com distribuição entre areia média e fina. No trecho representado pela seção III, o rio possui áreas de preservação permanente em ambas as margens, com predomínio de vegetação nativa.

A análise conjunta e integrada as unidades de aquífero das seções releva padrão variável da vazão entre as três seções. Conforme dados da entre as seções I e II sob domínio do aquífero Fraturado centro sul, houve aumento da vazão para ambos os períodos. Sob domínio do sistema de aquífero Pantanal (poroso) e Araras (cárstico porosidade variável) a seção III registrou diminuição da vazão em relação a seção II em ambos os períodos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na bacia hidrográfica registra maior ocorrência da Formação Alto Guaporé constituído de rochas metamórficas com predomínio de relevo com colinas amplas e suaves (ocupando 54,33%) e Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos abrangem 54,89 %. Essas características ambientais contribuíram para uma boa disponibilidade de água na bacia, sendo classificada como bacia de 7^a ordem, com valores de densidade de drenagem de 2,17 km/km² e a densidade de rios de 2,84 canais por km². Domínio do aquífero Fraturado favorável ao escoamento superficial e baixa retenção de águas.

As informações sobre a dinâmica fluvial evidenciaram que o rio tem um alto potencial de transporte de sedimentos grosseiros, com predominância areia variando de areia grossa a fina nas seções. A concentração de sedimentos em suspensão variou 230 mg.L⁻¹ no período chuvoso e 70 mg.L⁻¹ na estiagem nas seções. Os maiores valores de descarga sólida suspensa foram registrados na seção II, no período chuvoso. A vazão manteve a tendência natural de aumentar de montante para jusante e os maiores valores foram diagnosticados na seção II.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHER, P. D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR, S. D. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: a remote sensing and GIS approach. **Journal of Hydrology**, n. 551, p. 850–860, 2014.

ALMEIDA, F. F. M. Geologia do Centro-oeste Matogrossense. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**. Rio de Janeiro, 1964.

ARAÚJO, A. P. D. **Dinâmica fluvial e regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio Paranapanema**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

ARAÚJO, L. M. B. D. **Evolução Do Magmatismo Do Domínio Cachoeirinha: Suítes Intrusivas Santa Cruz, Alvorada, Rio Branco e Salto Do Céu – Sw Do Cráton Amazônico – MT**. 2008. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

ARRAES, C. L.; PAES BUENO, C. R.; TARLE PISSARRA, T. C. Estimativa da erodibilidade do solo para fins conservacionistas na microbacia córrego do Tijuco, Sp. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 849-857, 2010.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994.

BRABETS, T. P.; CONAWAY, J. S. **Geomorphology and River Dynamics of the Lower Copper River, Alaska**. U.S. Geological Survey, Virginia, 2009.

BRITO, R. N. R. *et al.* Características Sedimentares Fluviais Associadas ao Grau de Preservação da Mata Ciliar - Rio Urumajó, Nordeste Paraense. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 1, p. 173-180, 2009.

CARVALHO, J. M. D. **Degradação dos solos por erosão hídrica, sob áreas de pastagem, na bacia hidrográfica do rio cabaçal - região sudoeste do estado de Mato Grosso, Brasil**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ambientes e Sistema de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2015.

CARVALHO, N. O. Fundamentos da hidrossedimentologia. *In*: CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed., Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2008.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo-GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, v. 5, n. 2, p. 3-7, 2009.

CAVALCANTE, A. A.; CUNHA, S. B. Dinâmica Fluvial no Semiárido e Gestão dos Recursos Hídricos: enfoques sobre a bacia do Jaguaribe - CE. *In*: MEDEIROS, C. N. D. *et al.* (org). **Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades**. Fortaleza: IPECE, 2011. p. 83-112.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). LACERDA FILHO, J. V. *et al.* (org.). **Mapa Geológico do Estado de Mato Grosso**. Esc. 1:1.000.000. Goiânia: CPRM, 2004. (Convênio CPRM/SICME-MT).

COSTA, T.; LANÇA, R. **Hidrologia de superfície**. Escola Superior de Tecnologia. Área de Engenharia Civil, Núcleo de Hidráulica e Ambiente. Universidade do Algarve. Faro, Portugal, 2001.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, J. T. (org.). **Geomorfologia: Exercícios, técnicas e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de Métodos de análises de solos**. 3. ed., Brasília, DF: Embrapa, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. 1968. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 275-370, 1945.

LEANDRO, G. R. S.; SOUZA, C. A. Pantanal de Cáceres: composição granulométrica dos sedimentos de Fundo. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 263-276, 2012.

LELI, I. T.; STEVAUX, J. C.; NÓBREGA, M. T. Produção e transporte da carga suspensa fluvial: teoria e método para rios de médio porte. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 43-58, 2010.

MACHADO, A. S. *et al.* Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: INPE, 2011. p. 1441-1448.

MENONCELLO, K. D. **Proveniência e exumação da formação jauru: evidências com base em dados u-pb em zircões detríticos e traços de fissão em zircão**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

NARDINI, R. C. *et al.* Análise morfométrica e simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.

SALLES, M. M. **O uso do SIG na análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio São João – MG**. 2010. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SANTOS, W. A.; ARAÚJO, H. M. Geologia e recursos hídricos superficiais e subterrâneos. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 5-18, 20 dez. 2013.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at perth amboy, New Jersey. **Bulletin Of The Geological Society Of America**, v. 67, p. 697-646, 1956.

SCHUMM, S.A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. **Geological Society of America Bulletin**, v. 74, n. 9, p. 1089-1100, 1963.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO DE MATO GROSSO (SEPLAN). **Mapa das Unidades climáticas do estado de Mato Grosso**. Esc. 1:500.000. Cuiabá, 2001.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO DE MATO GROSSO. **Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômico-ecológica**. Cuiabá-MT: Entrelinhas, 2011.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal of Science**, v. 248, p. 655-658, 1950.

SOARES, L. S. *et al.* Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 31, p. 82-100, 2016.

SOUZA, C. A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da ilha de Taiamã-MT**. 2004. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. **Transactions, American Geophysical Union**. v. 38. p. 913-920. 1957.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, V. T. (ed.). **Handbook of applied hydrology**. New York, McGraw-Hill, 1964.

TRAJANO, E. R. R. S. *et al.* Análise Morfométrica de Bacia Hidrográfica – Subsídio à Gestão Territorial: Estudo de caso no Alto e Médio Mamanguape. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Embrapa Gestão Territorial, Campinas, SP, 2012.

VEIGA, A. M. *et al.* Caracterização Hidromorfológica da bacia do rio Meia Ponte. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, MG, v. 14, n. 46, p. 126-138, 2013.

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

Trabalho enviado em novembro de 2019

Trabalho aceito em maio de 2020