

# **ANÁLISE MORFOMÉTRICA, GEOLÓGICA E HIPSOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARUÇU/MS**

## **MORPHOMETRIC ANALYSIS, GEOLOGIC AND HYPOMETRIC THE RIVER HYDROGRAPHIC BASIN TAQUARUÇU/MS**

**Angélica Estigarribia São Miguel**

Graduada em Geografia e Bolsista CAPES pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da  
UFMS/CPTL

**angelica.esm@hotmail.com**

**Rafael Brugnolli Medeiros**

Graduado em Geografia e Bolsista CAPES pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da  
UFMS/CPTL

**rafael\_bmedeiros@hotmail.com**

**Hermiliano Felipe Decco**

Graduado e Mestre em Geografia pela UFMS/CPTL

**herrr.decco@gmail.com**

**Wallace de Oliveira**

Professor Adjunto da UFMS/CPTL

**wallaceoliveira@hotmail.com**

### **RESUMO**

A análise da morfometria da bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu, inserida entre os municípios de Brasilândia/MS e Santa Rita do Pardo/MS, foi elaborada por meio dos aspectos lineares, areais, geológicos, declividade e hipsométricos, constituindo assim, o objetivo do presente estudo. Os procedimentos metodológicos foram da estimativa de índices de comprimento, área, forma da bacia, densidade de drenagem, rios e segmentos da bacia e a relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia. A bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu possui uma área de aproximadamente 2572,6 km<sup>2</sup> e apresenta uma hierarquia fluvial de 5<sup>a</sup> ordem. Através dos resultados obtidos, observou-se que a forma da bacia teve um valor próximo de 0, que juntamente com a declividade e o relevo do local, favorece a ocorrência de enchente e inundações. Por fim destaca-se que a análise morfométrica forneceu fundamentos para a compreensão e entendimento de algumas características físicas da bacia hidrográfica, sendo importante, haja vista, que esta área apresenta muitas alterações ambientais, tendo em vista a intervenção econômica de empresas ligadas ao ramo do cultivo de cana de açúcar.

**Palavras-chave:** análise morfométrica; bacia hidrográfica; rede de drenagem; declividade; hipsometria.

### **ABSTRACT**

The morphometric analysis of the river hydrographic basin Taquaruçu, inserted between the municipalities of Brasilândia/MS and Santa Rita do Pardo/MS, was drawn by means of the linear aspects, areal, geologic, slope and hypsometric, thus, the purpose of this study. The methodological procedures were the estimated indices of length, area, shape of the basin,

drainage density, rivers and segments of the basin and the relationship between the length of the main river and the watershed area. The River hydrographic basin Taquaruçu have an area of approximately 2572.6 km<sup>2</sup> and presents a fluvial hierarchy 5th order. Through the results obtained, was observed that a shape of the basin has a value of 0, which together with the slope and topography of the site, favors the occurrence of flooding and floods. Lastly stands out, the morphometric analysis provided fundamentals for understanding and understanding of some physical characteristics of the hydrographic basin, it is important, given that this area presents many environmental alterations, in view of economic intervention from affiliated undertakings to the branch of the cultivation of sugar cane.

**Key-words:** morphometric analysis; hydrographic basin; drainage network; slope; hypsometry.

## INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos sempre tiveram um papel importante nos estudos sobre bacias hidrográficas, pois a água é necessária para todos os seres vivos do planeta, tornando-se imprescindível o entendimento dos processos que a envolvem, buscando assim, uma garantia de uso consciente.

A análise morfométrica é uma importante metodologia para assinalar e identificar a dinâmica de um sistema fluvial, sendo utilizada principalmente para a elaboração de planejamentos ambientais, que devido à pressão praticada pelo modelo econômico atual, acaba proporcionando uma constante degradação ao ambiente natural como desmatamento, empobrecimento dos solos, assoreamento, diminuição da biodiversidade, poluição de rios, entre outros. Dessa forma, cresceu o valor das bacias hidrográficas como forma de análise e planejamento, resultando em um grande aliado no desenvolvimento de técnicas apropriadas para controlar a deterioração ambiental.

Segundo Santana (2003, p.6) bacia hidrográfica consiste em:

[...] uma porção geográfica delimitada por divisores de água, englobando toda a área de drenagem de um curso d'água. É uma unidade geográfica natural e seus limites foram estabelecidos pelo escoamento das águas sobre a superfície, ao longo do tempo. É, portanto, o resultado da interação da água com outros recursos naturais.

Através disto, Ross (2003) afirma que é extremamente óbvio que qualquer interferência na natureza, pelo homem, necessita de estudos que levem ao diagnóstico, ou seja, a um conhecimento do quadro ambiental onde vai atuar. Para tanto, a bacia hidrográfica, presta-se como unidade integradora desses vetores (naturais e sociais) e deve ser administrada com essa função, a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados.

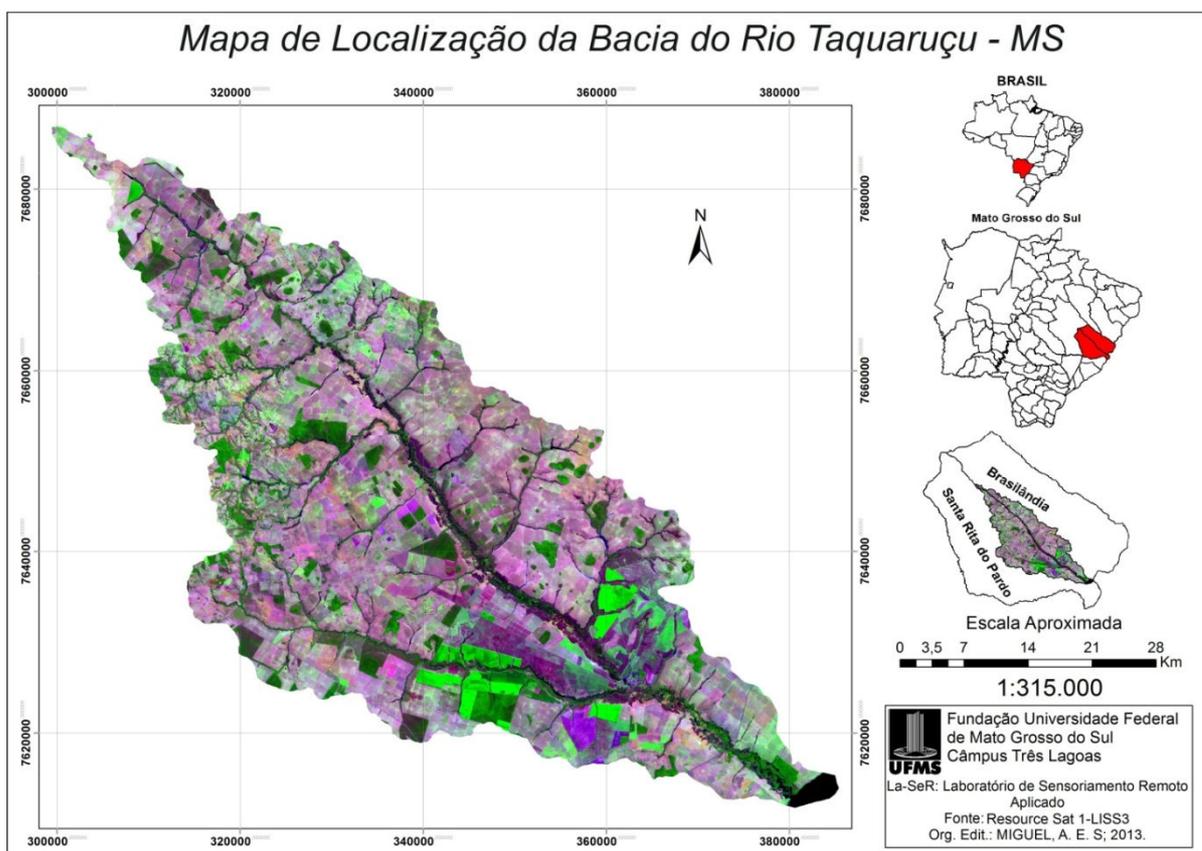
Para isto, é imprescindível realizar um planejamento, no qual ambas as partes, ou seja, homem e natureza alcancem um equilíbrio: o homem desenvolvendo condições favoráveis para sua vida e manutenção, causando um impacto menos agressivo à natureza e o meio físico não sendo um obstáculo no desenvolvimento econômico do ser humano. Aliado ao planejamento, a análise morfométrica de bacias hidrográficas vem se mostrando cada vez mais importante, devido ao seu conjunto de procedimentos metodológicos que compreendem todos os componentes naturais de uma bacia hidrográfica.

Os estudos relacionados aos cursos fluviais por meio de métodos sistêmicos e racionais como parâmetros quantitativos podem levar ao esclarecimento de varias questões acerca da morfogênese e morfodinâmica da paisagem, tendo em vista que a rede de drenagem assume papel de destaque na compartimentação do relevo (IBGE, 2006).

A escolha do Rio Taquaruçu, localizado entre os municípios de Brasilândia/MS e Santa Rita do Pardo/MS, se deu devido às alterações ambientais que vem ocorrendo nesta área, tendo em vista a intervenção econômica da empresa Companhia Brasileira de Açúcar e Álcool (CBAA) e da empresa do Grupo Brochmann Polis S/A instalada na fazenda Santa Vergínia, que tem como principal cultivo a cana de açúcar e outras atividades, como mudas clonais de eucalipto e criação de gado geneticamente modificado, sendo que essas duas empresas vem exercendo uma influência direta na mudança da paisagem na bacia.

Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo principal, analisar os aspectos morfométricos, geológicos, relevo e hipsométricos da bacia hidrográfica do rio Taquaruçu, que por sua vez, encontra-se inserida nos limites dos municípios de Brasilândia/MS e Santa Rita do Pardo/MS, a leste do estado de Mato Grosso do Sul. Esses municípios têm sua economia voltada para a pecuária, destacando-se a pecuária de corte e a suinocultura, além do cultivo de milho, arroz, feijão, cana de açúcar e a silvicultura de eucalipto.

A bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu é afluente da margem direita do Rio Paraná, ocupando uma área de 2572,61 km<sup>2</sup>, localizada entre as coordenadas geográficas 52° 57' 12.19" W e 52° 04' 32.11" W a 20° 49' 34.10" S e 21° 40' 34.13" S (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa de localização da área de estudo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização geológica da área de estudo foi elaborada com o auxílio do ArcGis 10, através da utilização dos dados do Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA/IMASUL), do estado de Mato Grosso do Sul na escala de 1:1.000.000.

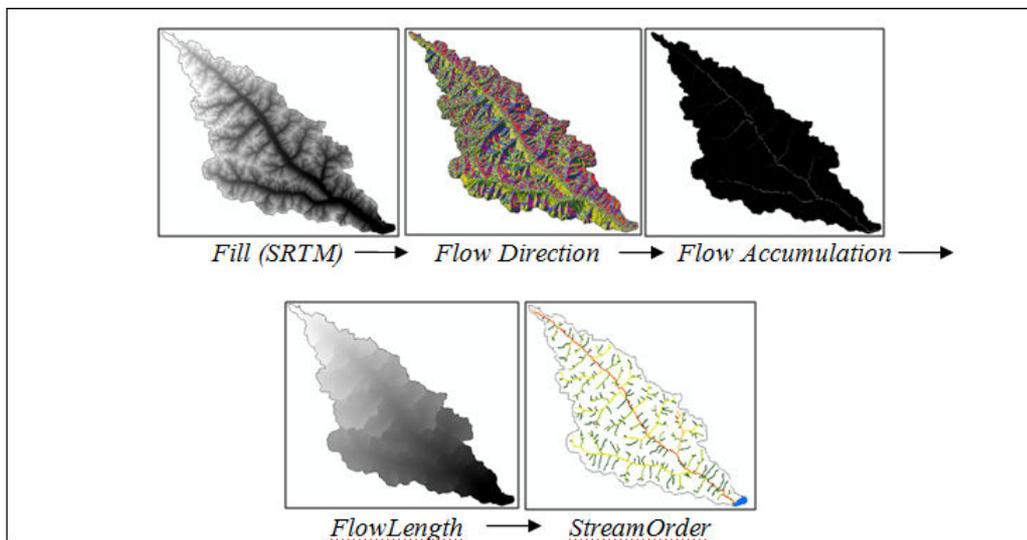
Com relação à carta hipsométrica, utilizou-se o modelo digital do terreno do radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que através da geração das curvas de nível, gerou-se dados hipsométricos e de declividade, sendo que para essa última variável, obteve-se valores de classes em porcentagem (0 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20% e 20 a 30%), como sugeridos pela metodologia de Lepsch (2002). A elaboração desta carta de declividade é uma ferramenta importante para a análise da qualidade ambiental, pois como afirma Oliveira *et al*, (2007), o grau de declive do terreno exerce influência direta sobre a quantidade de perda de solo por erosão, pois, quanto maior a gradiente, maior a intensidade de escoamento das águas sob o efeito da gravidade, sendo, menor o seu tempo disponível para a infiltração no solo.

Já para a realização dos perfis transversais foi utilizado o programa Global Mapper<sup>®</sup>13 e com a imagem de radar SRTM, sendo traçados perfis no alto, médio e baixo curso próximo à foz do rio Taquaruçu. O perfil longitudinal (da nascente até a foz) foi

realizado com base no modelo digital do terreno, radar SRTM de forma automatizada no programa Global Mapper<sup>®</sup>13.

O perfil longitudinal de um rio mostra a sua declividade, ou gradiente, sendo a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso d'água. O perfil característico é côncavo para o céu, com declividades maiores em direção da nascente e com valores cada vez mais suaves em direção ao nível de base (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para a caracterização da rede de drenagem da bacia foi utilizada a SRTM, trabalhada no ArcGis<sup>®</sup>10. A Figura 2 demonstra as etapas para a aquisição da rede de drenagem, definindo assim, a direção de fluxo e a ordem dos canais, buscando a caracterização da hierarquia fluvial e da análise morfométrica.



**Figura 2:** Obtenção de rede de drenagem.  
**Org:** MIGUEL, 2013.

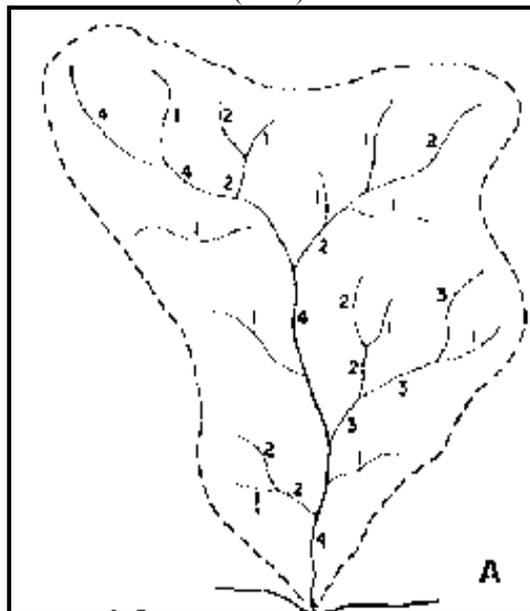
Os dados gerados pelo ArcGis 10, classificam a hierarquia fluvial de acordo com a metodologia de Strahler (1952), sendo mais utilizada devido ao seu caráter descritivo, porém, nesta pesquisa foi utilizada a metodologia elaborada por Horton (1945 apud CHRISTOFOLETTI 1980), classificando os cursos d'água de acordo com a Figura 3.

Na Figura 3, mostra o conceito de hierarquia fluvial determinada conforme Horton (1945 apud CHRISTOFOLETTI 1980), que é a metodologia utilizada nas pesquisas em que Robert E. Horton propôs de modo mais preciso os critérios para a ordenação dos cursos d'água. Este método faz uma sugestão de seguir o curso do rio e a partir das confluências, seguir o caminho da maior ordem. Horton (1945 apud CHRISTOFOLETTI 1980, p. 106) classificou a ordem dos canais da seguinte forma:

os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os canais de segunda ordem somente recebem tributários da primeira ordem; os de terceira ordem podem receber um ou mais tributários de segunda e primeira ordem, os de quarta ordem recebem tributários de terceira ordem e de ordem inferior e assim sucessivamente.

A hierarquia fluvial é o processo de classificar um curso de água (ou área drenada que lhe pertence) no conjunto total de sua bacia hidrográfica. Isso é realizado com função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos (CHRISTOFOLETTI, 1980. p 106), pois através da hierarquia fluvial, é separado todos os segmentos dos cursos d'água, buscando auxiliar na análise areal e linear da bacia hidrográfica.

**Figura 3:** Hierarquia fluvial, conforme Horton (1945).



Fonte: CHRISTOFOLETTI, 1980.

Na análise areal e linear da bacia, são apresentadas algumas variáveis importantes para a caracterização morfométrica da área, buscando analisar se esta bacia possui uma disponibilidade hídrica elevada, pois essas características, relacionadas com os aspectos físicos e bióticos de uma bacia hidrográfica, desempenham papel essencial nos processos do ciclo hidrológico, desempenhando controle no deflúvio, infiltração, na evapotranspiração e nos escoamentos superficial e subsuperficial.

Assim, a avaliação morfométrica da bacia em estudo considerou as variáveis apresentadas no Quadro 1.

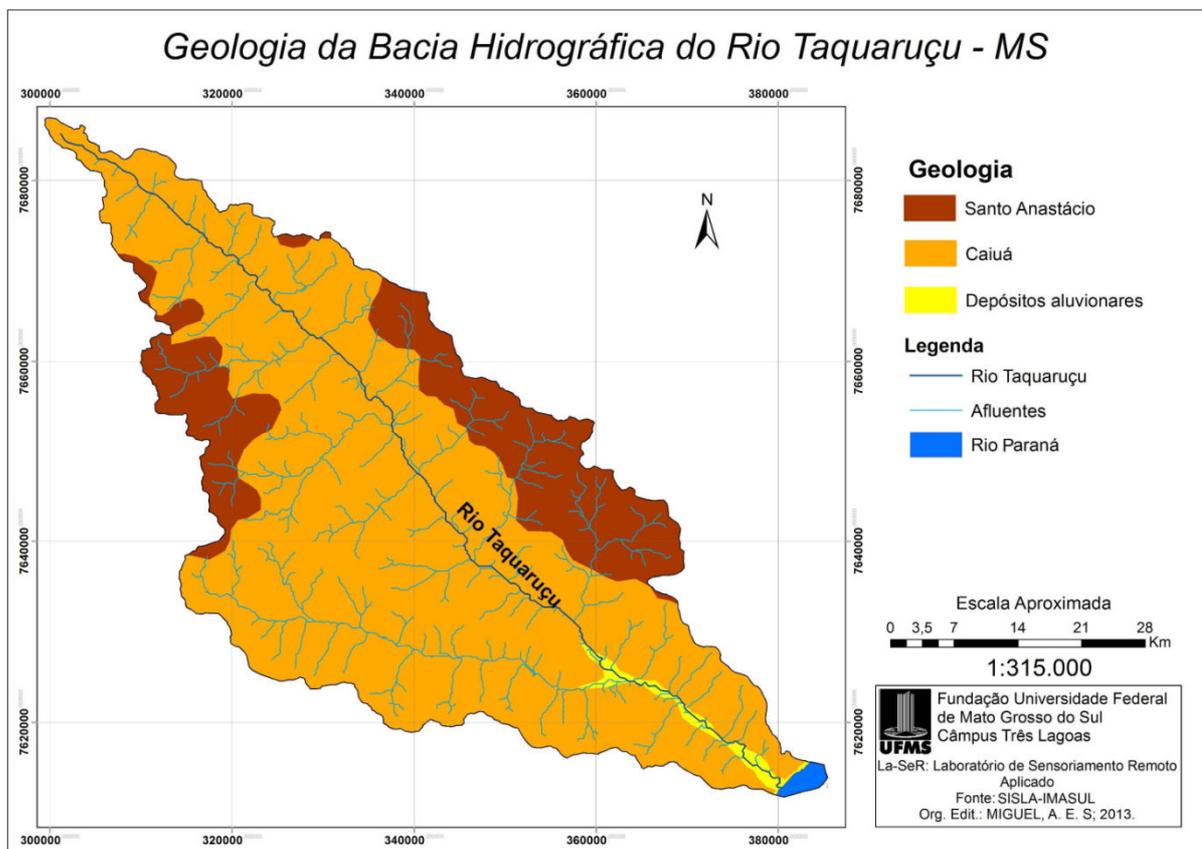
**Quadro 1:** Índices, Definição e Expressão dos dados Morfométricos analisados na Bacia.

<b>Índice</b>	<b>Definição</b>	<b>Expressão</b>
Relação de Bifurcação	Relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior (Horton, 1945, apud CHRISTOFOLETTI, 1980).	$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$ <i>N<sub>u</sub></i> é o número de segmentos de determinada ordem e <i>N<sub>u+1</sub></i> é o número de segmentos da ordem superior.
Coefficiente de Manutenção (Cm)	Fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, para a caracterização do sistema de drenagem Schumm (1956 apud CHRISTOFOLETTI 1980).	$C_m = \frac{l \cdot 1000}{Dd}$ <i>C<sub>m</sub></i> é o coeficiente de manutenção, <i>Dd</i> é densidade de drenagem.
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem	É calculado pela razão entre a soma dos comprimentos de todos os canais de ordem e o número total de canais dessa ordem.	$L_m = \frac{L_u}{N_u}$ <i>L<sub>m</sub></i> representa o comprimento médio dos segmentos fluviais, <i>L<sub>u</sub></i> é o comprimento de cada ordem e <i>N<sub>u</sub></i> o número de segmentos na ordem.
Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação	Constitui-se um importante fator na relação entre a composição da drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas.	$R_{lb} = \frac{R_{lm}}{R_b}$ <i>R<sub>lb</sub></i> é a relação entre o o comprimento médio e de bifurcação. <i>R<sub>lm</sub></i> é o comprimento médio entre duas ordens e <i>R<sub>b</sub></i> é a relação de bifurcação entre as mesmas duas ordens subsequentes.
Extensão do percurso superficial	Distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis independentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico.	$E_{ps} = \frac{l}{2Dd}$ Na qual <i>E<sub>ps</sub></i> representa a extensão do percurso superficial e <i>Dd</i> é o valor da densidade de drenagem.
Área da bacia (A)	Área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal do divisor de água.	-----
Comprimento da Bacia (L)	Distância em linha reta entre a foz e o ponto do perímetro, assinalando sua equidistância.	-----
Forma da bacia	Usado para eliminar a subjetividade na caracterização da forma das bacias. V. C. Miller (1953 apud CHRISTOFOLETTI 1980), propôs o índice de circularidade, que é relação entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro.	$I_c = \frac{A}{A_c}$ <i>I<sub>c</sub></i> é o índice de circularidade, <i>A</i> é a área da bacia e <i>A<sub>c</sub></i> é a área do círculo do perímetro igual a bacia considerada.
Densidade Hidrográfica (Dh)	Relação entre os cursos de água e a área da bacia. A finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos d'água em determinada área.	-----
Densidade da Drenagem	Comprimento dos canais de escoamento com a área da bacia. À medida que	-----

aumenta o valor numérico da densidade há diminuição do tamanho dos componentes fluviais (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.116)
--

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu apresenta aspectos litológicos associados a Depósitos Aluvionares (1,85% da área), Formação Santo Anastácio (19,95% da área) e Formação Caiuá (78,20% da área), (Figura 4 e Tabela 1).



**Figura 4:** Carta de Geologia da Bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu/MS.

**Tabela 1:** Disposição Geológica da Bacia do Rio Taquaruçu/MS - Quantificação

Disposição Geológica	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Formação Santo Anastácio	513,41	19,95
Formação Caiuá	2012,02	78,20
Depósitos Aluvionares	47,18	1,85

Os Depósitos Aluvionares constituem os aluviões antigos e recentes encontrados na forma de faixas estreitas e alongadas com altitudes baixas (planícies aluviais e terraços aluviais), encontrados ao longo das calhas dos principais rios. Atualmente a maior parte dessas planícies encontra-se submersas pelos reservatórios das barragens Três Irmãos e Promissão, no Rio Tietê; bem como, no Rio Paraná, pela represa de Jupia e pelo lago de Porto Primavera (CETEC, 1999, p.17).

A Formação Santo Anastácio sucede a Formação Caiuá um pacote de origem fluvial. Em sua parte inferior destaca-se um arenito cinza-pardo, vermelho-arroxeadado ou creme, encontrando-se sempre envolto por uma película limonitizada. A granulação é predominantemente fina, esporadicamente média e grosseira, mostrando a presença de um cimento síltico e carbonático, que gradativamente vai aumentando; detectam-se sempre tênues intercalações síltico-argilosas tornando-se mais espessas para cima (SEPLAN, 1990).

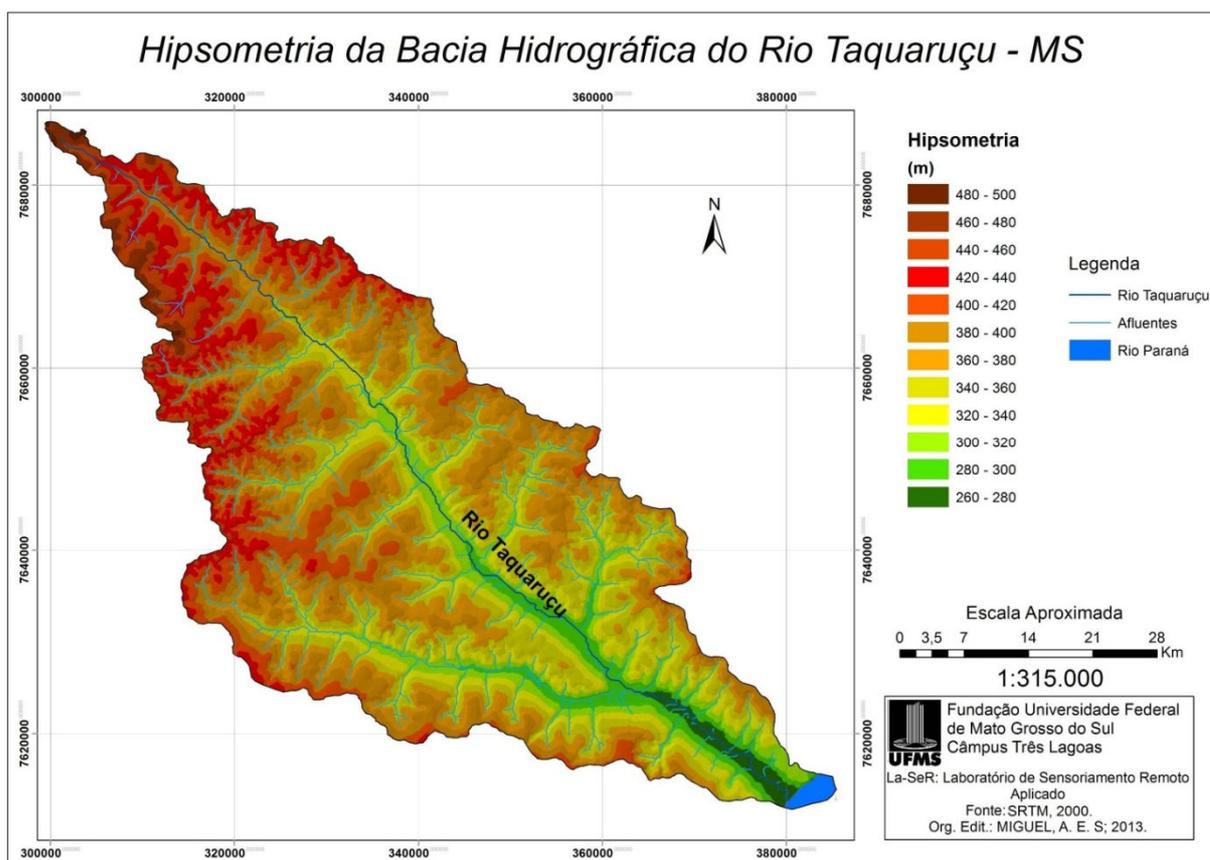
A Formação Caiuá se encontra tanto no oeste paulista como no norte paranaense, com espessura não superior a 150 m, é representada por arenitos bastante porosos, facilmente desagregáveis, e na maioria das vezes seus grãos encontram-se envoltos por uma película de limonita (SEPLAN, 1990).

Portanto, a geologia proporciona influência direta sobre os demais parâmetros que serão apresentados, pois de acordo com cada disposição geológica, ou seja, quanto mais arenoso, cascalho e sedimentos inconsolidados na área, maior será a suscetibilidade aos processos erosivos, limitando cada vez mais o uso e ocupação da terra na área que apresentar essa formação geológica.

Juntamente com a geologia, a carta hipsométrica e os perfis longitudinal e transversais, constitui-seem importante informação onde a elevação da Bacia Hidrográfica do Rio Taquaruçu foi dividida, permitindo a quantificação absoluta e relativa da área ocupada por determinado intervalo de altitude, tornando-se uma importante variável da análise integrada dos fatores levados em consideração nesta pesquisa.

Com relação às classes hipsométricas, foi escolhida uma divisão com equidistância de 20 em 20 metros para uma análise mais detalhada do relevo, gerando doze classes de altitude, conforme mostra a Figura 5. Na bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu apresenta a cota altimétrica de 495 metros como a mais elevada e de 260 metros como a menos elevada.

Os dados obtidos estão representados na Tabela 2, sendo dividido em classes de área ( $\text{km}^2$ ) e em porcentagem (%). A partir da hipsometria foram gerados os perfis topográficos; longitudinal e transversais da bacia do Rio Taquaruçu.



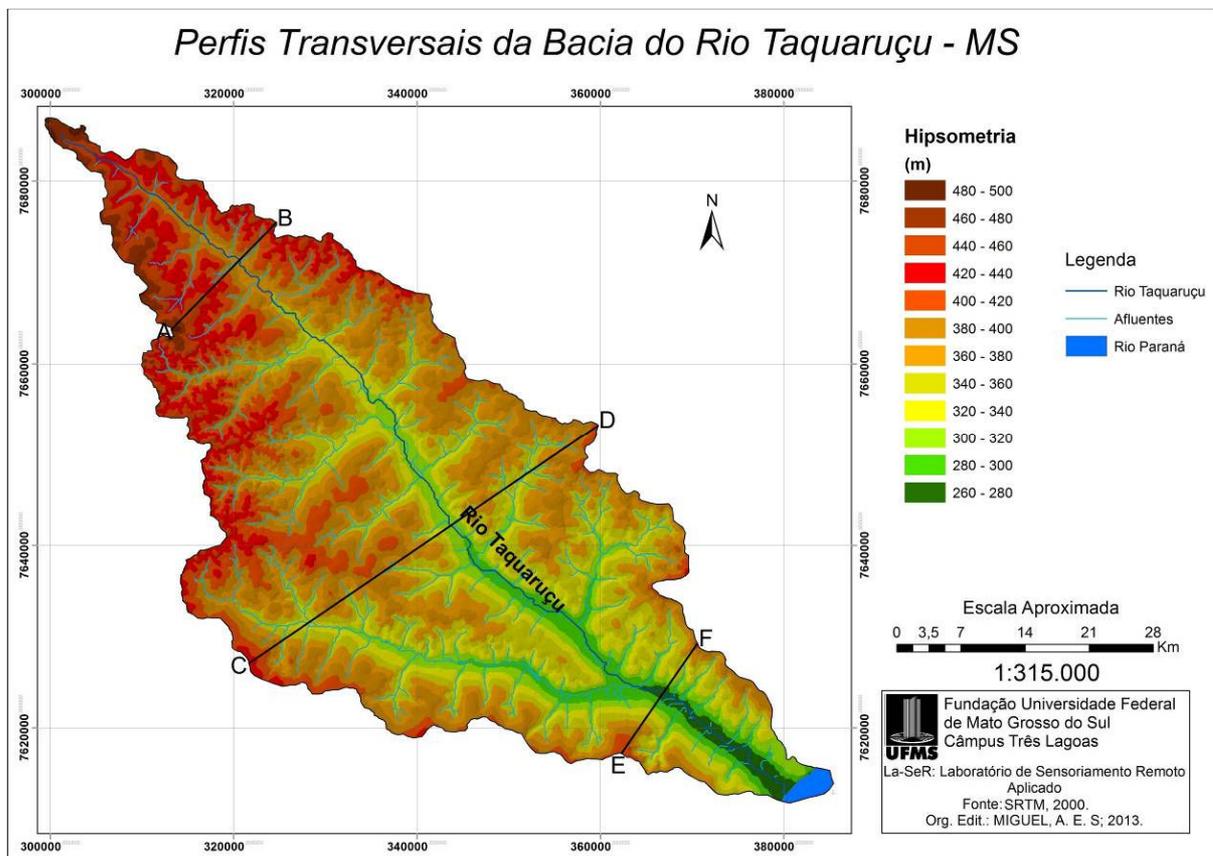
**Figura 5:** Carta Hipsometrica da Bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu/MS.

**Tabela 2:** Classes hipsométricas e seus valores em área (km<sup>2</sup>) e porcentagem (%) na bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu.

Classes Hipsométricas	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
260 a 280	45,95	1,79
280 a 300	97,69	3,80
300 a 320	183,98	7,15
320 a 340	279,53	10,86
340 a 360	423,82	16,47
360 a 380	496,41	19,29
380 a 400	457,91	17,80
400 a 420	290,12	11,28
420 a 440	184,25	7,16
440 a 460	80,38	3,13
460 a 480	29,66	1,15
480 a 500	2,91	0,12
<b>TOTAL</b>	<b>2572,61</b>	<b>100</b>

Na bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu, a classe que mais se apresentou na bacia foi de 360 a 380 metros, abrangendo 19,29% do total. A classe que proporcionou a menor área foi de 480 a 500 metros, encontrada próxima ao alto curso e a nascente, obtendo apenas 2,91km<sup>2</sup>, ou seja, 0,12% da área total da bacia. A nascente do Rio Taquaruçu está localizada na classe de 460 a 480 metros e sua foz com o Rio Paraná se encontra na área de 260 a 280 metros. A partir do médio curso, com a ida ao campo, foi constatada uma área plana, onde grande parte das margens do Rio Taquaruçu são áreas de inundação, não obtendo grandes variações de altitude.

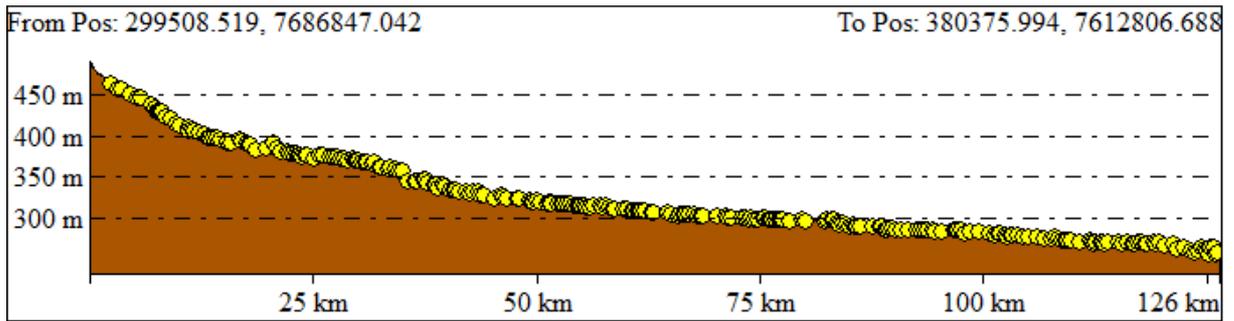
A Figura 6 mostra a localização dos perfis transversais, onde foram traçadas as maiores altitudes no alto, médio e baixo curso para a elaboração dos mesmos.



**Figura 6:** Localização dos Perfis Transversais na Bacia do Rio Taquaruçu.

A Figura 7 representa o perfil longitudinal, sendo traçado a partir da altitude mais elevada próxima da nascente até a foz do Rio Taquaruçu no Rio Paraná.

**Figura 7:** Perfil Longitudinal da bacia do Rio Taquaruçu.



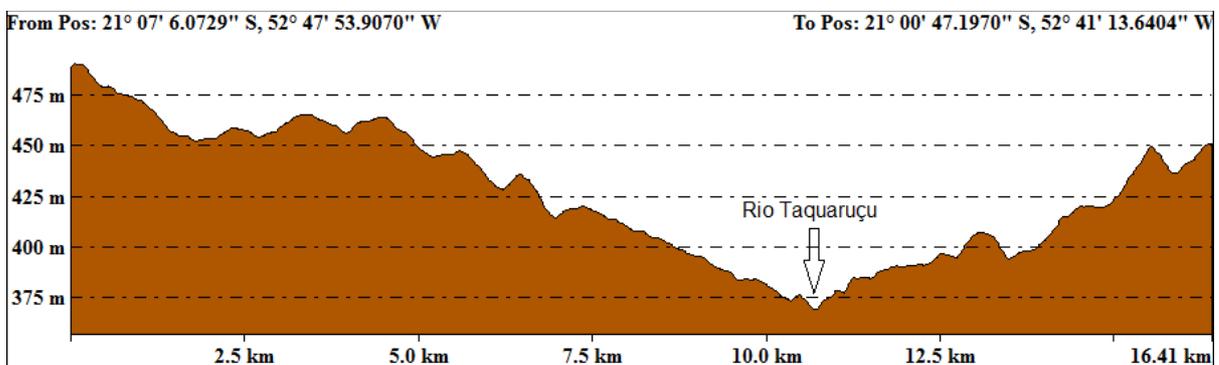
Fonte: SRTM, 2000. Org: MIGUEL, 2013.

Observou-se através do perfil longitudinal uma variação onde a cota mais alta apresentada é de 495 metros e 260 metros a menos elevada, mostrando um desnível de 235 metros. Constatando um desnível médio de 1,86 m/km.

O perfil longitudinal de um rio é levantado a partir de uma linha que une pontos do seu leito, desde a nascente até a foz, e permite visualizar o declive do leito do rio ao longo do seu percurso, (CHRISTOFOLETTI, 1981). Além de entender melhor a dinâmica fluvial, pois mostra a sua declividade, ou gradiente, sendo a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento do curso d'água. Para muitos rios, a curva representativa desta relação tem a forma parabólica e o perfil típico é côncavo para o céu, com declividades maiores em direção a montante e com valores cada vez mais suaves em direção de jusante (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A Figura 8 representa o perfil transversal traçado no alto curso da bacia do Rio Taquaruçu abrangendo uma distância de 16,41 km. Como mostra na Figura 12 no ponto **A** tem uma elevação de 492,83 m e no ponto **B** tem uma elevação de 454,71 m, tendo um desnível de 38,12 m e um desnível médio de 2,32 m/km.

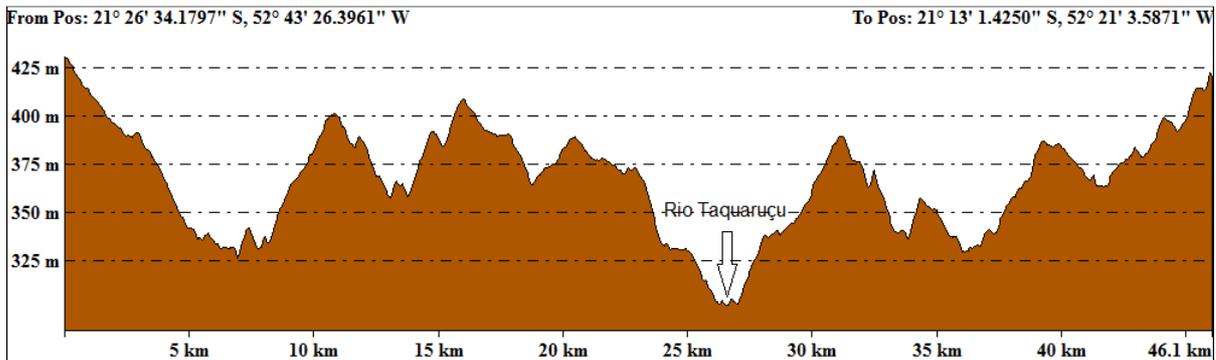
**Figura 8:** Perfil Transversal do Alto curso da bacia do Rio Taquaruçu.



Fonte: SRTM, 2000 Org: MIGUEL, 2013.

A Figura 9 representa o perfil transversal traçado no médio curso da bacia do Rio Taquaruçu abrangendo uma distância de 46 km. O ponto **C** tem uma elevação de 431,79 m e no ponto **D** tem uma elevação de 419,15 m, tendo um desnível de 12,64 m e um desnível médio de 0,27m/km.

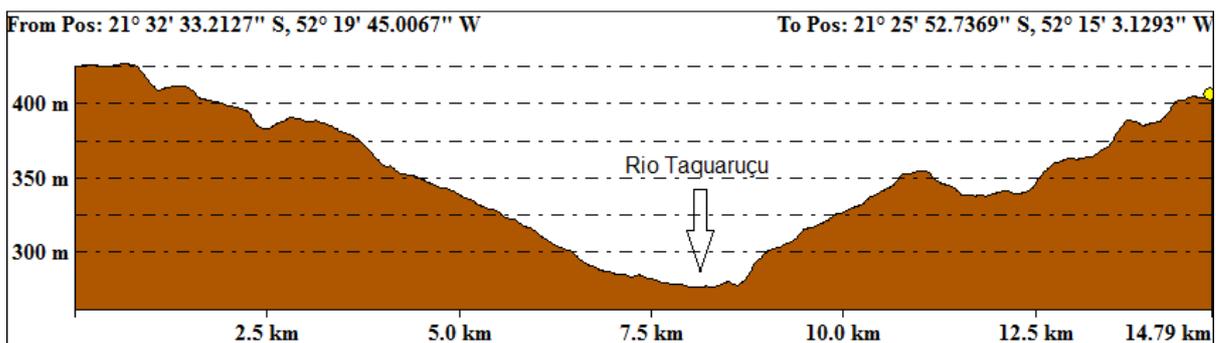
**Figura 9:** Perfil Transversal do Médio curso da bacia do Rio Taquaruçu.



Fonte: SRTM, 2000 Org: MIGUEL, 2013.

A Figura 10 representa o perfil transversal traçado no baixo curso da bacia do Rio Taquaruçu abrangendo uma distância de 14,69 km. O ponto **E** tem uma elevação de 427,65 m e no ponto **F** tem uma elevação de 404,41 m, tendo um desnível de 23,24 m e um desnível médio de 1,27 m/km.

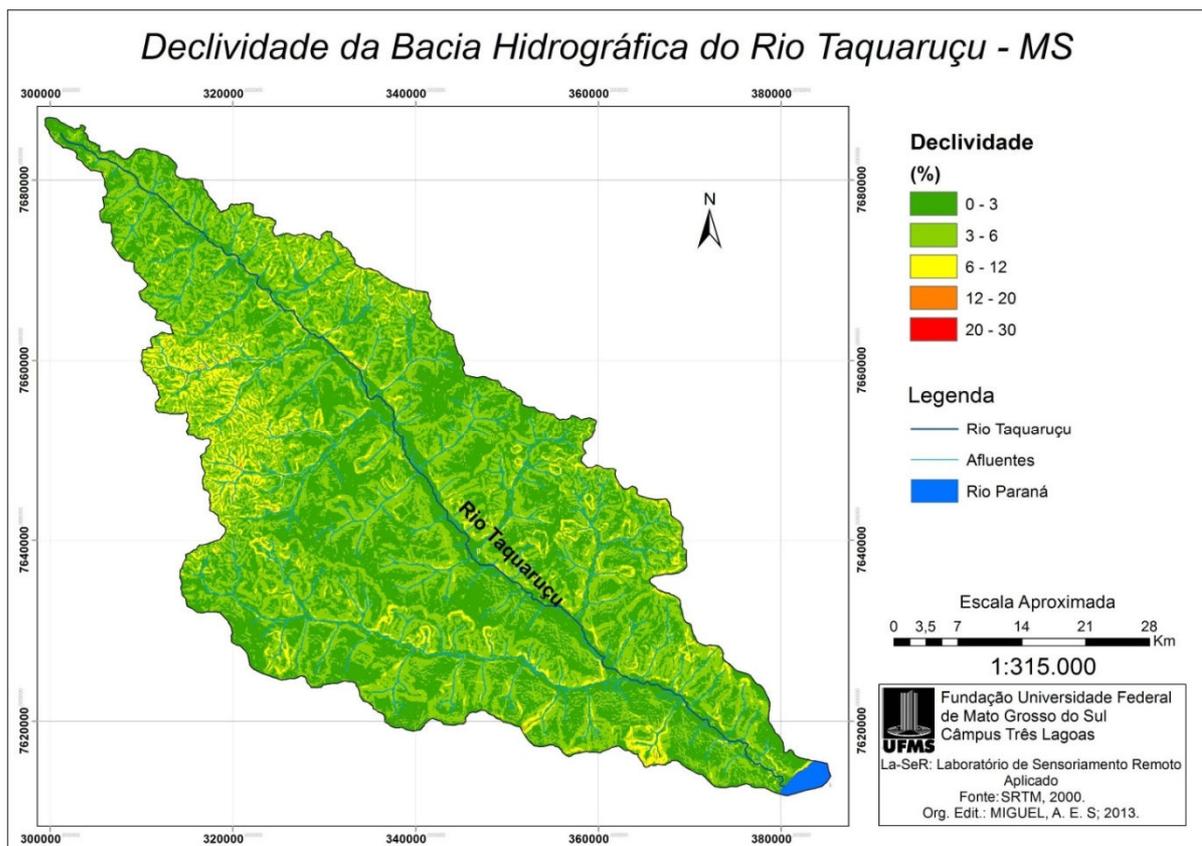
**Figura 10:** Perfil Transversal do Baixo curso da bacia do Rio Taquaruçu.



Fonte: SRTM, 2000 Org: MIGUEL, 2013.

Outro fator que surge como um dos principais, para que se possa analisar a de forma relacionada a morfometria, geologia e o relevo é a declividade da bacia, uma vez que a mesma exerce influência direta sobre a quantidade de perda de solo por erosão, pois, quanto maior sua gradiente, maior a intensidade de escoamento das águas sob o efeito da gravidade, sendo menor o seu tempo disponível para a infiltração no solo (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

A carta de declividade obtida conforme detalhamento metodológico indica a ocorrência de cinco classes (Figura 11 e Tabela 3).



**Figura 11:** Carta de Declividade da Bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu/MS.

**Tabela 3:** Classes de declividade na bacia do Rio Taquaruçu em área (km<sup>2</sup>) e porcentagem (%).

Classes de Declive (%)	Categorias Hierárquicas	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
0 a 6	Muito Fraca	2401,67	93,35
6 a 12	Fraca	169,25	6,58
12 a 20	Média	1,61	0,07
20 a 30	Forte	0,08	0,00
<b>Total</b>		<b>2572,61</b>	<b>100,00</b>

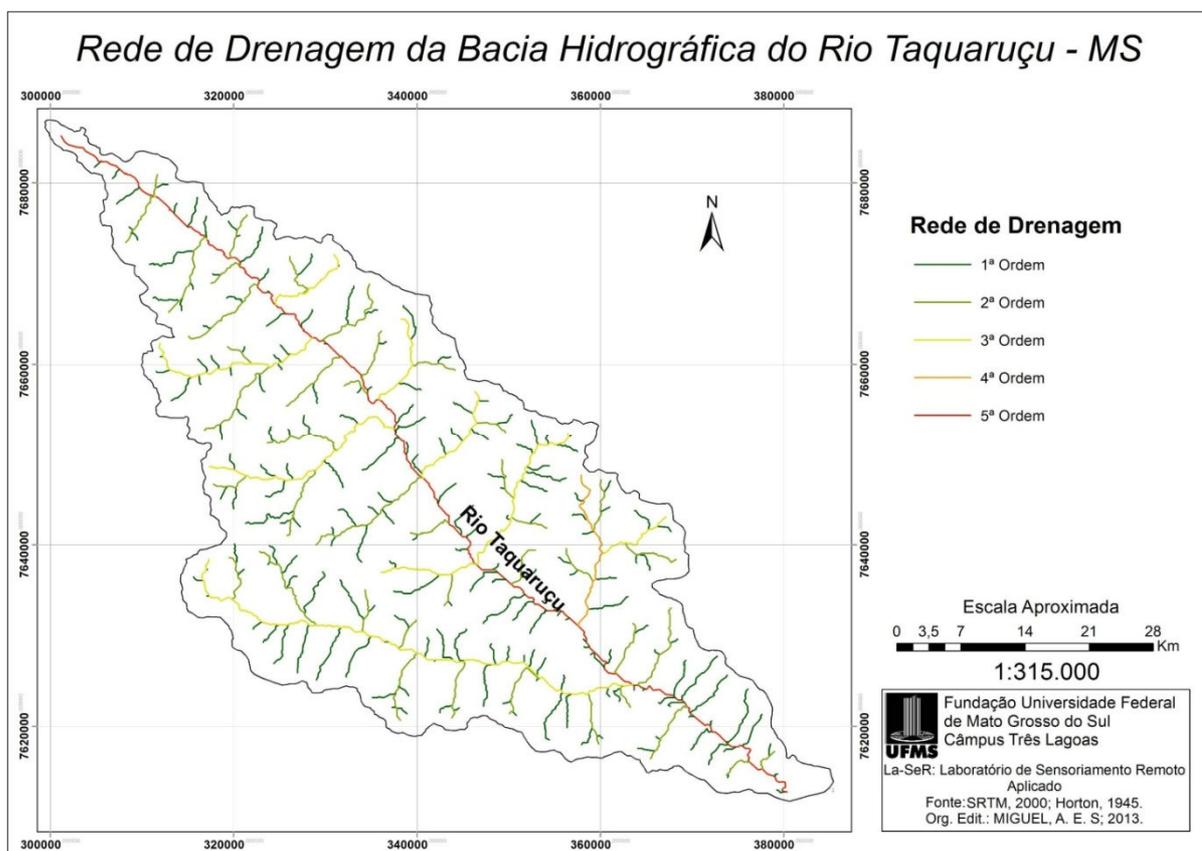
Analisando a Figura 11 e comparando com os dados da Tabela 3, fica claro o predomínio dos baixos graus de inclinação do terreno, (0 a 6%) somando 93,35% do total da área estudada, observou-se que na bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu predomina um relevo plano sem muitas alterações bruscas de altitude. A segunda classe que se apresenta na bacia, é de 6-12% de declividade, abrangendo uma área relativamente pequena de acordo com o tamanho da bacia, apenas 169,25 km<sup>2</sup> ou seja, 6,58%, sendo que grande parte se encontrou no médio alto curso da bacia.

A classe nomeada como média, de 12 a 20% de declive, se apresentou em áreas pequenas, representando apenas 1,61 km<sup>2</sup>, que segundo a classificação de Lepsch *et al.* (2002) são áreas com predomínio a problemas com erosão, sendo impróprias para culturas anuais e indicadas para culturas perenes, para proporcionar uma proteção maior ao solo.

Por fim a classe que menos se apresentou na bacia, foi a classe de 20 a 30% ou Forte, que foi notada apenas em uma pequena área de 0,08 km<sup>2</sup> no baixo curso do Rio Taquaruçu próxima à foz no Rio Paraná.

Segundo o critério geométrico da disposição fluvial, os canais da bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu são classificados como sendo *dendríticos*, que, segundo Christofolletti (1980, p.103), “esse padrão é tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares horizontais”, e ainda *subparalelo*, que segundo o mesmo autor, são canais que se caracterizam por conter ângulos formados nas confluências dos rios subsidiários e principal, fazendo ambas as categorias como simples paralelas, dando indicativo de uma análise geomorfológica prévia da área da bacia. Seu escoamento global é do tipo *exorréico*, o escoamento das águas se faz de modo contínuo até o mar (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Segundo a proposta por Horton (1945 apud CHRISTOFOLETTI 1980), e como indica a Figura 12, a bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu é de 5ª ordem.



**Figura 12:** Carta da rede de drenagem da Bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu.

O valor referente á análise hierárquica da bacia está descritos na Tabela 4.

**Tabela 4:** Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Rio Taquaruçu.

<b>Ordem</b>	<b>Número de Segmentos</b>	<b>Comprimento Médio (km)</b>
1°	178	436,06
2°	41	269,43
3°	9	184,54
4°	1	20,53
5°	1	124,28

Na análise linear são englobados os índices e relações a propósito da rede hidrográfica, as medições hidrográficas são efetuadas ao longo das linhas de escoamento, como mostra a Tabela 5.

**Tabela 5:** Análise linear da bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu.

<b>Índices</b>	<b>Valores</b>
Relação de bifurcação (Rb)	1 <sup>a</sup> /2 <sup>a</sup> ordem é 4,34 km; 2 <sup>a</sup> /3 <sup>a</sup> ordem é 4,5 km; 3 <sup>a</sup> /4 <sup>a</sup> ordem é 9 km; 4 <sup>a</sup> /5 <sup>a</sup> ordem é 1 km.
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (Lm)	1 <sup>a</sup> ordem é de 2,45 km; 2 <sup>a</sup> ordem é de 6,57 km; 3 <sup>a</sup> ordem é de 20,50 km; 4 <sup>a</sup> ordem é de 20,53 km; 5 <sup>a</sup> ordem é de 124,28 km.
Relação entre os comprimentos médios (RLm)	5 <sup>a</sup> /4 <sup>a</sup> ordem é 6,05 km; 4 <sup>a</sup> /3 <sup>a</sup> ordem é 0,11km; 3 <sup>a</sup> /2 <sup>a</sup> ordem é 0,68 km; 2 <sup>a</sup> /1 <sup>a</sup> ordem é 0,61km.
Extensão do percurso superficial (Eps)	1,25 m

**Relação de Bifurcação (Rb):** O índice de relação de bifurcação dos canais de Rb 1<sup>a</sup>/2<sup>a</sup> ordem é 4,34km; 2<sup>a</sup>/3<sup>a</sup> ordem é 4,5km e 3<sup>a</sup>/4<sup>a</sup> ordem é 9 km e 4<sup>a</sup>/5<sup>a</sup> ordem é 1 km.

**Relação entre o Comprimento Médio dos Canais de cada Ordem (Lm):** Os resultados da elaboração dos cálculos de cada ordem da bacia foram: para os de Lm de 1<sup>a</sup> ordem é de 2,45km; 2<sup>a</sup> ordem é de 6,57km; 3<sup>a</sup> ordem é de 20,50km e de 4<sup>a</sup> ordem é de 20,53km e de 5<sup>a</sup> ordem é de 124,2km.

**Relação entre os Comprimentos Médios (RLm):** É um complemento do comprimento médio dos canais de cada ordem. A relação calculada na bacia é RLm de 5<sup>a</sup>/4<sup>a</sup> ordem é 6,05km; 4<sup>a</sup>/3<sup>a</sup> ordem é de 0,11 km; 3<sup>a</sup>/2<sup>a</sup> ordem é de 0,68km; 2<sup>a</sup>/1<sup>a</sup> ordem é de 0,61km.

**Extensão do Percurso Superficial (Eps):** A extensão do percurso superficial está ajustada ao tamanho apropriado relacionado com as bacias de primeira ordem, aproximadamente igual à metade do perímetro do valor da densidade da drenagem. Na bacia obteve-se o índice de 1,25m.

Já na análise areal da bacia estão englobados os índices de medições planimétricas e lineares da bacia hidrográfica, conforme mostra na Tabela 6.

**Tabela 6:** Análise areal da Bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu.

<b>Índices</b>	<b>Valores</b>
Área da bacia (A)	2572,6 km <sup>2</sup>
Comprimento da bacia (L)	110,3 km
Forma da bacia (Ic)	0,2 km/km <sup>2</sup>
Densidade hidrográfica (Dh)	0,09 km/km <sup>2</sup>
Densidade da drenagem (Dd)	0,40 km/km <sup>2</sup>
Coefficiente de manutenção (Cm)	2,5 m/m <sup>2</sup>

**Área da Bacia (A):** Para obtenção da área da bacia utilizou a delimitação da área e para as medições foi utilizado o software ArcGis<sup>®</sup> 10, com isso verificou-se a área da bacia é de 2572,61 km<sup>2</sup>.

**Comprimento da Bacia (L):** A partir do valor do comprimento da bacia, que foi representada pela distância obtida em linha reta entre os pontos da foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro, obtendo o comprimento de 110,31 km.

**Forma da bacia:** Para a forma da bacia, foi utilizado o método proposto por David R. Lee e G. Tomas Salles (1970 apud CHRISTOFOLETTI 1980), que consiste em delimitar a bacia, independente da escala, traçar uma figura geométrica (círculo, retângulo, triângulo, etc.) que cubra de melhor maneira a bacia hidrográfica. 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. O índice obtido foi de 0,21 km/km.

**Densidade Hidrográfica (Dh):** O índice de densidade hidrográfica encontrado foi de 0,09 km/km.

**Densidade da Drenagem:** A densidade da drenagem desta bacia é de 0,40km/km<sup>2</sup>, sendo ela uma bacia com baixa densidade de drenagem, que pode ser explicado pela região, que é caracterizado por rochas permeáveis e de regime pluviométrico marcado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação.

**Coefficiente de Manutenção (Cm):** Aplicado à análise na bacia a área mínima para o índice de coeficiente de manutenção é de aproximadamente 2,5 m/m<sup>2</sup>. Para Christofolletti

(1969), o Coeficiente de Manutenção é um dos valores mais importantes para a caracterização do sistema de drenagens, onde o valor do índice representa a área mínima para um canal de primeira ordem, o que dá origem às demais ordens de canais dentro de uma bacia.

A construção e análise da geológica, declividade e hipsometria aliadas às análises morfométricas, permitem o entendimento da dinâmica na bacia e onde possivelmente será mais vulnerável aos processos erosivos, indicando assim, as fragilidades ou limitações de uso para as áreas rurais e urbanas da bacia, conforme suas particularidades e características morfológicas.

Tanto é que Tucci e Clarke (1997), para minimizar qualquer tipo de impacto devido ao declive de determinado local, a cobertura vegetal possui um papel prático na absorção dos excessos hídricos, sejam eles de origem superficial ou por meio das precipitações.

Através destes dados, pode-se notar que devido à sua geologia apresentar, em grande parte, áreas pouco vulneráveis aos processos erosivos, como a Formação Santo Anastácio e Formação Caiuá, que somada à grande área que foi classificada como declive de 0 à 6%, acaba favorecendo diversas formas de uso e ocupação da terra, limitando seu uso apenas para algumas culturas. Segundo Ramalho Filho e Beek (1995), esse tipo de terreno, pode ser caracterizado como possíveis áreas de alagamento das planícies de inundação, limitando seus usos agrícolas, devido ao excedente hídrico que pode perdurar por alguns meses, porém em alguns locais onde a declividade alcança de 3 à 6%, é necessária uma melhoria na fertilidade do solos, além de ações que controlem os processos erosivos.

Em pequenas áreas encontradas na bacia, onde a declividade é mais acentuada, chegando à 12 a 20 % e através da análise morfométrica, notou-se que essas regiões não apresentam grande disponibilidade hídrica. Dessa forma Ramalho Filho e Beek (1995) são mais taxativos e recomendam a não utilização agrícola, somente a manutenção da vegetação primitiva.

## **CONCLUSÕES**

As análises morfométricas geradas nesta pesquisa provaram ser de amplo valor no emprego de técnicas adequadas que busquem a redução dos impactos ocasionados tanto pelo relevo e geologia, como também pelo uso e ocupação da terra na área. Dessa forma, estes dados são importantes na gestão deste ambiente natural, pois fornecem dados buscando um conhecimento maior acerca da rede de drenagem na bacia hidrográfica, dando subsídio para um melhor direcionamento das ações que possam vir ser realizadas através dos

planejamentos, pois pode-se notar áreas com reduzida disponibilidade hídrica, ou áreas com declive mais acentuado que acabam limitando o uso e ocupação desta bacia, que somado à uma possível falta de manejo, pode ocasionar elevação dos processos erosivos nestas áreas.

A bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu predominam relevo suavemente aplainado, recobertos por latossolos vermelho, que são solos constituídos de material mineral, normalmente profundos encontrados em região planas como esta, tendo sua geologia em grande parte pertencente à Formação Caiuá, sendo ela predominantemente fina, de sedimentos com maior contribuição de areia a silte grosso.

Através da carta de declividade, mostrou ser uma plana, em uma grande parte da bacia se encontrou declividades de 0 a 6 %, apenas pequenas áreas da bacia se mostraram de outras classes de declive.

Analisando a morfometria da bacia hidrográfica do Rio Taquaruçu, nota-se que é de 5ª ordem, com um comprimento médio do canal principal de 124,28 km<sup>2</sup>. Segundo os parâmetros analisados, o fator forma da bacia ficou próximo a 0, com um valor de 0,21 km/km, sendo assim a bacia tem uma forma alongada, com riscos a inundações.

Concluiu-se que, após apresentado todos os elementos considerados nessa pesquisa, percebe-se que é necessário que se conheça sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução. Estes dados podem ser fornecidos pela geologia, hipsometria, perfis topográficos (transversais e longitudinal), declividade e características dos recursos hídricos, sendo que precisam ser relacionadas para que se tenha um retrato fiel do comportamento de cada unidade frente à sua ocupação, podendo assim, apontar limitações de uso, buscando uma ocupação e manejo sustentável.

## REFERÊNCIAS

CETEC. Centro Tecnológico de Fundação Paulista de Tecnologia e Educação. CBH-BT – Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê. **Situação dos Recursos Hídricos do Baixo Tietê – UGRHI 19**. Minuta Preliminar do Relatório Técnico Final. Diretor – CTEC: Wiltevar Verati. Lins, ago. 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas**. Campinas-SP, Noticiário Geomorfológico, 1969, Vol. 9, p.35.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia**. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188p.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981. 313p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual de uso e ocupação da terra.** Manuais Técnicos em Geociências. Brasil número 7. Brasília, 2006. 91p.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos solos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002,178p.

OLIVEIRA, A.M.M.; PINTO, S.A.F.; LOMBARDI NETO, F. Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo predictivo. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v.5, p.63-86, 2007.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Meio Ambiente e Planejamento.** 7 .ed. São Paulo: Contexto, 2003. 85p.

SANTANA, D.P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p.

SEPLAN-MS - Secretaria de Planejamento de Mato Grosso do Sul. **Atlas Multirreferencial do Estado de Mato Grosso do Sul.** Campo Grande/MS, SEPLAN-MS, 1990. 28p.

SISLA/IMASUL - **Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental** – Disponível em: <sisla.imasul.ms.gov.br> Acesso em: 20 de Jan. 2013.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography.** Geological Society of America Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. **Impacto das mudanças de cobertura vegetal no escoamento: Revisão.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.2, n.1, p.135-152, 1997.

Recebido para publicação em 01/04/2014  
Aceito para publicação em 03/10/2014