

ANÁLISE MORFOMÉTRICA LINEAR E AREAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AMAMBAI - MATO GROSSO DO SUL - BRASIL

LINEAR AND AREAL MORPHOMETRIC ANALYSIS FROM AMAMBAI WATERSHED - MATO GROSSO DO SUL - BRAZIL

André Geraldo Berezuk¹

Jederson Henrique Pedroso Martins²

Angelo Franco do Nascimento Ribeiro³

Pedro de Alcântara Lima⁴

RESUMO: A análise morfométrica da bacia do rio Amambai tem como propósito apresentar os primeiros dados da rede de drenagem da área estudada, uma vez que se torna necessário a compreensão do determinado espaço para elaboração de prováveis futuros programas de planejamento regional da bacia hidrográfica em questão. A bacia hidrográfica do Amambai possui 10.206,56 km² de uma área politicamente e economicamente estratégica ao Estado de Mato Grosso do Sul, uma área que muito provavelmente provocará um aumento de esforços políticos para a criação de um futuro Comitê de Bacia, área que também é detentora dos solos mais ricos em fertilidade do Mato Grosso do Sul e, talvez, de todo o território nacional. Para a realização da análise morfométrica linear e areal da bacia, foram utilizados clássicos procedimentos metodológicos de Geomorfologia Fluvial, sendo utilizados, por sua vez, os softwares ArcGis, Spring e Excel, que possibilitaram tanto o processo cartográfico das informações correspondentes à área de estudo como a tabulação dos dados registrados.

¹ Docente do Curso de Geografia da UFGD - Laboratório de Geografia Física- Rodovia Dourados - Itahum, Km 12 - Cidade Universitária. Caixa Postal 533 - CEP: 79.804-970 - andreberezuk@ufgd.edu.br;

² Geógrafo formado no curso de Geografia-Bacharelado da UFGD - jederson_henrique@gmail.com;

³ Técnico do laboratório de Geoprocessamento da UFGD e doutorando do PPGG-UFGD - angeloribeiro@ufgd.edu.br;

⁴ Docente do Curso de Geografia da UFGD - Laboratório de Geografia Física - pedrolima@ufgd.edu.br.

PALAVRAS-CHAVE: ANÁLISE MORFOMÉTRICA LINEAR; ANÁLISE MORFOMÉTRICA AREAL; BACIA HIDROGRÁFICA; AMAMBAL.

ABSTRACT: The main purpose of this article is to show the first statistics of the water drainage from the Amambai Watershed, by a morphometric analysis of the study area. This research is necessary for the understanding of the physical aspects of this area, in order to stimulate future programs or political actions into the Amambai River Watershed. The Amambai Watershed has an area of 10.206,56 km² and it is located in a political and economical strategic region of the Mato Grosso do Sul State. Thus, this area is very likely to provoke political actions towards a development of a future Watershed Committee. In this article, there were used classical proceedings of methodology in Fluvial Geomorphology, in order to show some statistics related to linear and areal morphometric analysis. Some softwares, as ArcGis, Spring and Excel, were used as well, becoming possible the cartographical process of information from the studied area, and the tabulation of the registered statistics.

KEYWORDS: LINEAR MORPHOMETRIC ANALYSIS; AREAL MORPHOMETRIC ANALYSIS; WATERSHED; AMAMBAL.

INTRODUÇÃO

Convém como tarefa cerne do governo de qualquer nação a compreensão das características espaciais e geográficas de seu território, e no caso do governo brasileiro, tal preocupação não é diferente de outros territórios, de outras nações. Inclusive, segundo a tradicional Lei 6938/1981 (Política Nacional do Meio Ambiente), um de seus principais instrumentos é o zoneamento ambiental, zoneamento este que se faz fundamental às ações dos Estados ainda mais com a oficialização dos zoneamentos ecológico-econômicos (Decreto 4297/2002), Estados brasileiros que possuem agora a obrigação, segundo o Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012), de desenvolver estes ZEEs. Assim sendo, trabalhos como o proposto neste artigo, que objetivam o levantamento cartográfico e o levantamento de dados morfométricos da área da Bacia Hidrográfica do Amambai-MS, se inserem diretamente nesta preocupação do Brasil em conhecer mais detalhadamente as regiões de seus mais de oito

milhões e quinhentos mil quilômetros quadrados, em grande parte ainda muito carentes de informações e dados territoriais. Trata-se, portanto, de um artigo que objetiva pela realização de um diagnóstico físico e, em especial, morfométrico, da respectiva região de estudo, a Bacia Hidrográfica do Amambai, material este elaborado mediante o desenvolvimento de uma série de trabalhos técnicos executados pelo Laboratório de Geoprocessamento e pelo Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal da Grande Dourados.

Também deve ser apresentado que tal região de estudo, inserida em uma área de fronteira com o Paraguai, não possui informação e dados mais específicos e detalhados, mas somente dados elaborados e originados para a macroescala estadual, com a elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso do Sul (2006) e com a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Mato Grosso do Sul (2010). O objetivo de diminuir esta carência de informações e de dados da referente região de estudo é o passo introdutório para um desenvolvimento regional desta área de maneira mais aprofundada e mais técnica, desenvolvimento este que se dá com um estudo cartográfico, geomorfológico e morfométrico da referente bacia hidrográfica.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AMAMBAI-MS

A Bacia Hidrográfica do Amambai encontra-se localizada na região sul do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, abrangendo 10 municípios, parcial ou totalmente (Tabela 1). A Bacia Hidrográfica possui uma área total de 10.206 km² e o rio Amambai, curso hídrico principal, possui 358,8 km de extensão (Figura 1). Apesar de se constituir como uma importante área econômica do Estado do Mato Grosso do Sul, em especial para com a atuação do agronegócio, com uma forte presença do expansivo setor sucroalcooleiro e de grãos, muito poucos são os trabalhos que fazem referência a esta região do Estado.

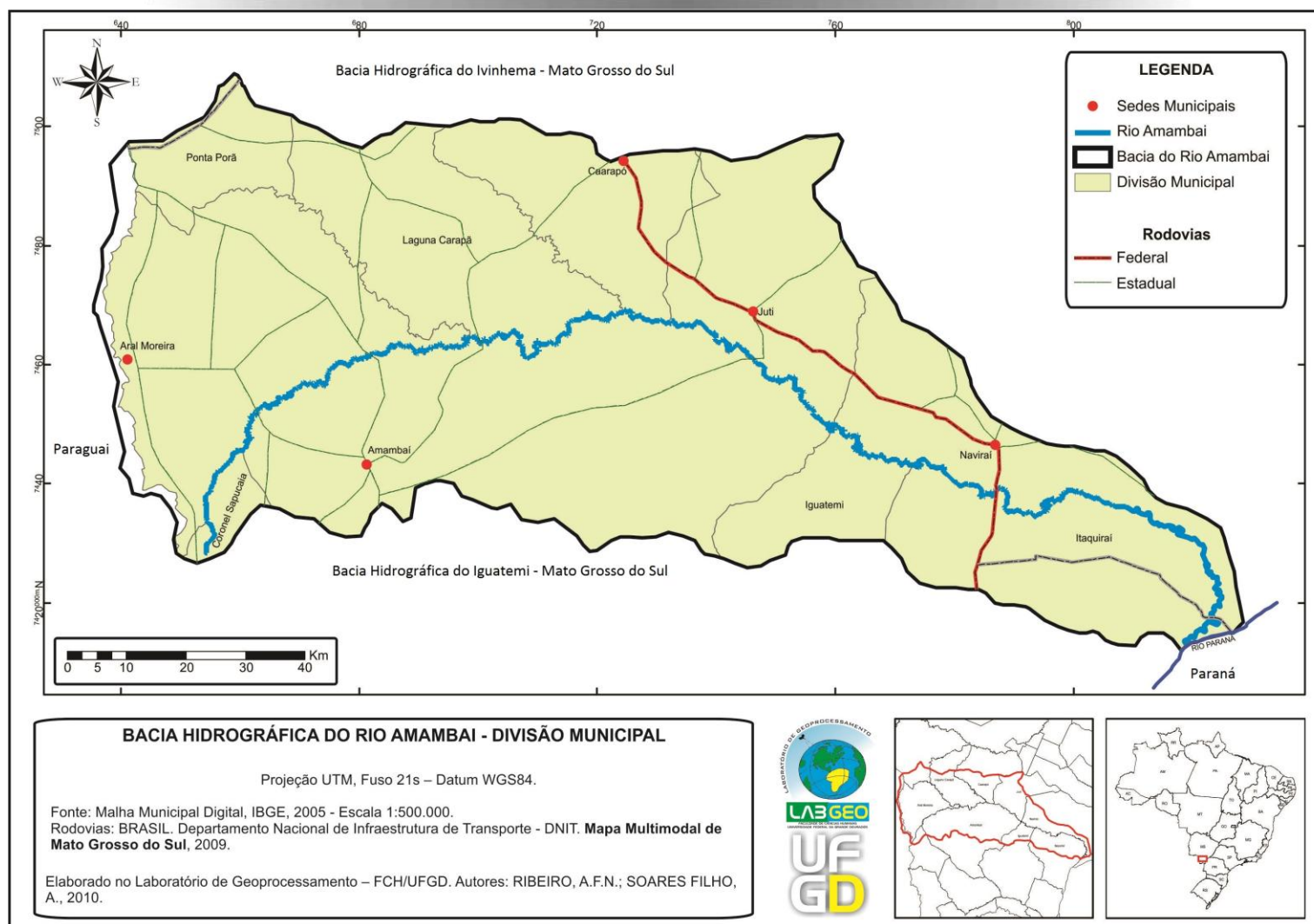


Figura 1 – Municípios que integram, total ou parcialmente, a Bacia Hidrográfica do Amambai-MS, 2010.

Tabela 1 – Dados gerais dos municípios da Bacia Hidrográfica do Amambai-MS

Municípios	Área do Município (km ²)	Área na Bacia (km ²)	População (2010)
Amambai	4.202,30	2.604,74 (61,98%)	34.730
Aral Moreira	1.656,19	1.655,35 (99,94%)	10.251
Caarapó	2.089,71	779,36 (37,29%)	25.767
Coronel Sapucaia	1.028,90	121,99 (11,85%)	14.064
Iguatemi	2.946,68	398 (13,51%)	14.875
Itaquiraí	2.063,88	1.012,43 (49,05%)	18.614
Jutí	1.584,60	1.036,32 (65,40%)	5.900
Laguna Caarapã	1.734	1.136,08 (65,51%)	6.491
Naviraí	3.193,84	924,42 (28,94%)	46.424
Ponta Porã	5.328,62	391,74 (7,35%)	77.872
Área Internacional		146,13	
Área total da BHA		10.206,56	254.988 (total)

Fonte: Dados georreferenciados do Laboratório de Geoprocessamento – UFGD
IBGE – Cidades (Censo 2010)

Segundo as características geológicas da bacia hidrográfica em questão (Figura 2), dois substratos geológicos são os mais encontrados em sua superfície: a Formação Serra Geral e a Formação Caiuá.

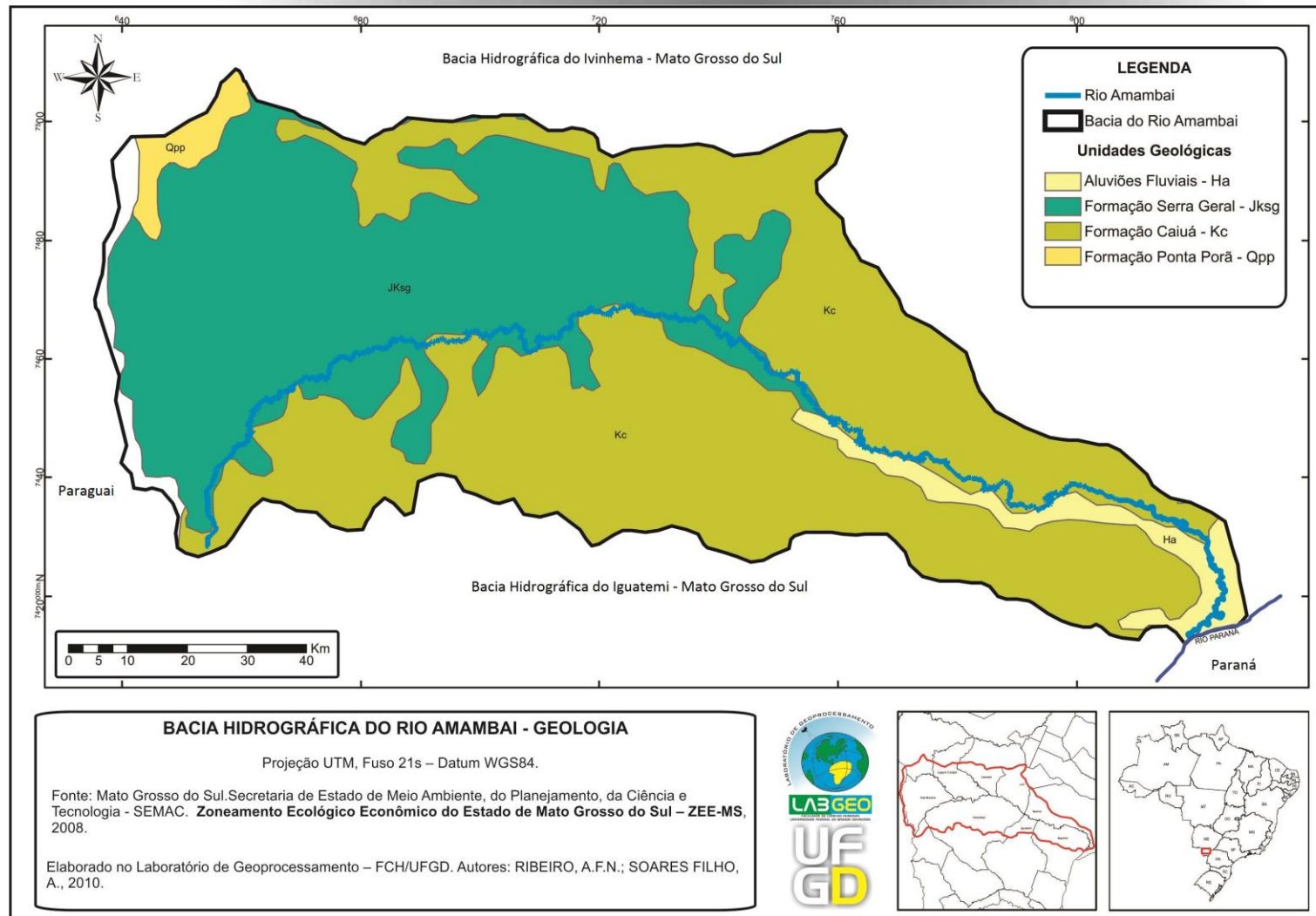


Figura 2 – Carta Geológica da Bacia Hidrográfica do Amambai-MS, 2010.

Formação Serra Geral: é caracterizada pela presença dos basaltos e diabásios, provenientes dos derrames basálticos da Era Mesozóica (períodos cretáceo e jurássico). Esta formação geológica, possui, portanto, rochas ígneas dotadas de cores que variam do cinza escuro ao verde-escuro e de uma matriz afanítica a eventual porfirítica. Em partes específicas dos derrames basálticos, é normal a ocorrência de amígdalas que, com o passar dos milênios, são preenchidos por minerais secundários como a calcita e o quartzo. Não é incomum, entre os derrames basálticos, ocorrer à presença de arenitos intratrapp que, logicamente se encontram com testemunho de cozimento. Estes arenitos representam períodos geológicos de cessamento dos derrames e de deposição e litificação de sedimentos que logo eram preenchidos por novos derrames (MATO GROSSO DO SUL, 1990). Em termos de localização geográfica, representa uma expressiva área de ocorrência na bacia, aparecendo a partir da área central a oeste do canal principal, até confrontar-se com o Arenito Caiuá e com os Aluviões Fluviais e, ao extremo oeste com a Formação Ponta Porã (Figura 2).

Formação Caiuá⁵: substrato geológico este que possui, como rocha padrão, o arenito, este, por sua vez, originado pelos sedimentos cretáceos, de aproximadamente 60 milhões de anos atrás. Estes arenitos possuem uma resistência litológica bem menor do que o dos basaltos, sendo facilmente desagregáveis, possuindo uma constituição porosa. Em geral, não possuem profundidades maiores do que 150 metros de espessura. Estes arenitos, possuem, na maioria das vezes, significativas quantidades de óxido de ferro em sua constituição, o que pode ser

⁵ No presente artigo utilizamos o termo Arenito Caiuá sem a definição Grupo ou Formação, porque toda a descrição das características fisiográficas da área utilizou-se, como base bibliográfica, o Atlas Multirreferencial do Mato Grosso do Sul (1990), que definiu esta formação geológica como Grupo Bauru, Formação Caiuá. Sabe-se que esta definição estratigráfica já foi revisada para Bacia Bauru; dividida em Grupo Bauru e Grupo Caiuá. O Grupo Caiuá, por sua vez, está dividido em Formação Goio-Erê, Formação Rio Paraná e Formação Santo Anastácio. No entanto, no território do estado de Mato Grosso do Sul, com relação à formação geológica correspondente, não estão ainda precisas as áreas de ocorrência de cada uma destas unidades componentes.

observado pela quantidade de limonita junto com o quartzo (MATO GROSSO DO SUL, 1990).

Por último, mas não menos importantes, integram o substrato da bacia hidrográfica outros dois substratos geológicos:

Formação Ponta Porã:, composta por arenitos conglomeráticos com matriz arenosa e cimento ferruginoso. Segundo o Atlas Multireferencial do Mato Grosso do Sul (1990), esta formação é constituída, basicamente por fragmentos em geral quartzosos, por metassedimentos do arenito Caiuá e arenitos da Formação Furnas; e, secundariamente, por fragmentos de rochas graníticas. Esta formação geológica encontra-se localizada no extremo setor noroeste da bacia, em área de fronteira com o Paraguai.

Os Aluviões Fluviais: formação presente nos setores do baixo rio Amambai até a sua foz, no rio Paraná, sendo uma área de sedimentos com idade mais recente e dotadas de areias mais finas trazidas pelo canal em períodos de cheia. Constituem, basicamente, as planícies de inundação do rio Amambai.

Com relação às características geomorfológicas da área de estudo, esta está representada pelas seguintes unidades: o Planalto de Maracaju; o Planalto de Dourados; os Divisores das Sub-Bacias Meridionais e o Vale do Paraná (Figura 3). Convém destacar, com relação aos valores altimétricos da bacia, que esta varia de aproximadamente 650 metros nos setores a montante da bacia, nas áreas do Paraguai e fronteira Paraguai-Brasil, para até aproximadamente 220 metros de altitude no setor da foz do rio Amambai, totalizando uma diferença altimétrica de aproximadamente 400 metros (Figura 4).

Tanto o Planalto de Maracaju como o Planalto de Dourados, localizados nos setores mais setentrionais da bacia, possuem modelados convexos, em geral compreendidos por um relevo com declividades amenas. O planalto de Dourados apresenta um rampeamento em

direção a sudeste, o que pode evidenciar um episódio de epirogênese na borda ocidental da bacia. Tanto o planalto de Maracaju como o planalto de Dourados apresentam, pedologicamente, os solos mais férteis da área de estudo, solos estes identificados como nitossolos (MATO GROSSO DO SUL, 2006).

Com relação à área geomorfológica referente aos divisores das sub-bacias meridionais, estes encontram-se situados nos setores oriental e meridional da bacia, e possuem também um rampeamento geomorfológico a sudeste, assim como o planalto de Dourados, possuindo altimetrias que variam de 400 a 430 metros em seu setor noroeste para altimetrias de 230 a 240 metros em seu setor sudeste. Estes divisores se alternam, com relação à sua configuração geológica e pedológica, sendo que, em algumas áreas, se apresentam solos mais argilosos (Formação Serra Geral), e em outras áreas se apresentam solos mais arenosos (Formação Caiuá).

O Segundo Patamar da Borda Ocidental limita-se à parte central do estado, e acompanha a Depressão Interpatamares, desde a serra de São Gabriel até as proximidades da Serra de Maracaju. Seu limite com a Depressão Interpatamares é efetuado por escarpa estrutural de grande desnível (da ordem de 200 m), oriunda da presença dos arenitos da Formação Botucatu, estes aflorando em bacia hidrográfica vizinha. Esse patamar apresenta predominantemente, modelados tabulares e é drenado pelas cabeceiras do rio Aquidauana e seus afluentes.

Por último, mas não menos importante, a Planície Fluvial compreende o baixo Amambai até sua foz no Vale Rio Paraná e é formada pela deposição de material aluvial erodido em áreas mais elevadas por uma área de sedimentação arenosa. Esta planície fluvial se estenderá até o vale do Paraná, compreendendo a sequência de sedimentos aluviais que originam planícies associadas ou não a terraços, que acompanham o rio Paraná e alguns de seus afluentes. Este vale se apresenta dissimétrico, com amplos terraços com marcas de paleodrenagem e planícies na

margem direita. A margem esquerda apresenta, além dessas características, alguns trechos de barrancas esculpidas em sedimentos cretáceos (MATO GROSSO DO SUL, 1990). Um grande número de ilhas divide o seu leito, tendo como exemplo a ilha Bandeirantes, a Ilha Grande e a Ilha das Sete Quedas.

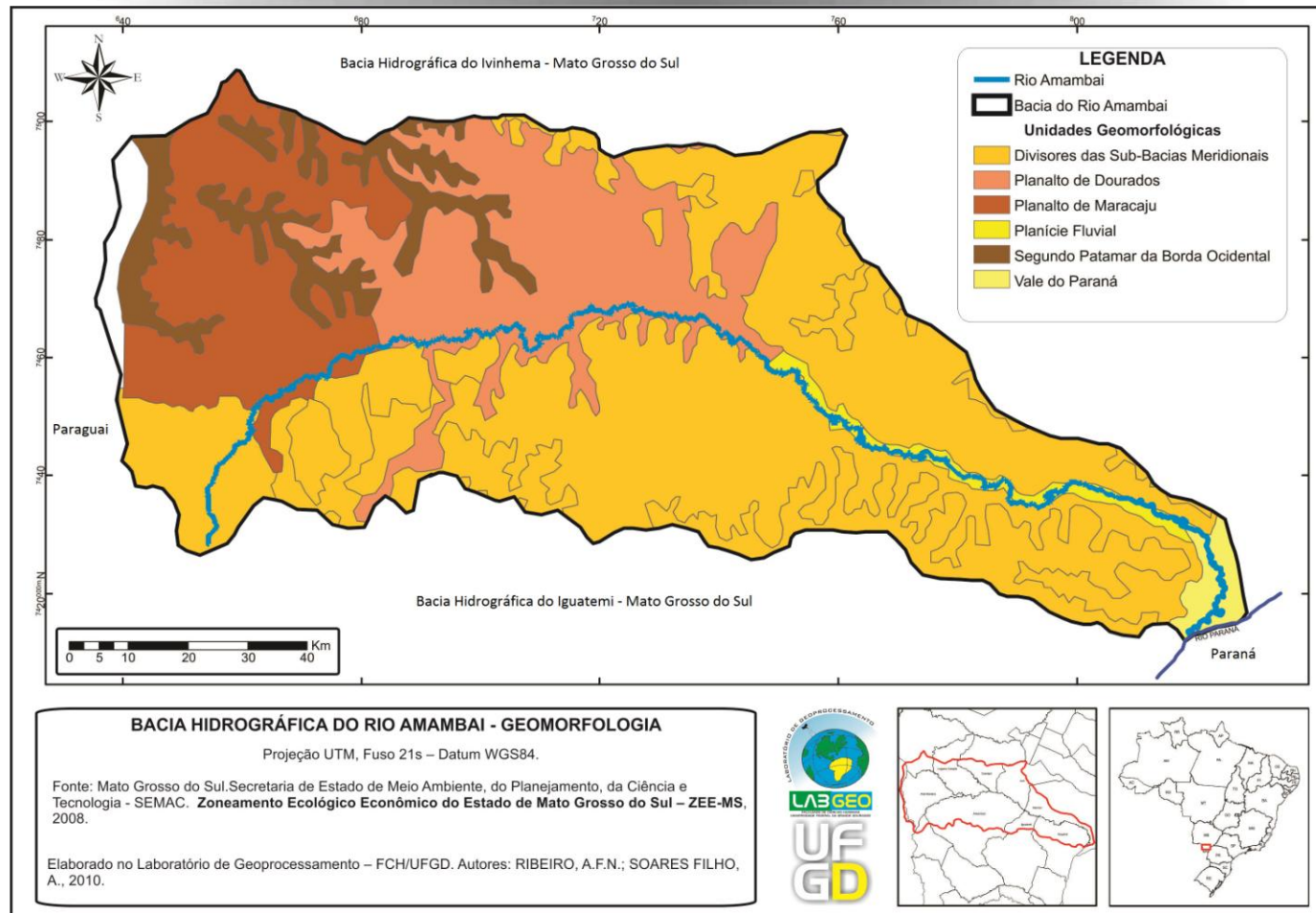


Figura 3 – Carta Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Amambai-MS, 2010.

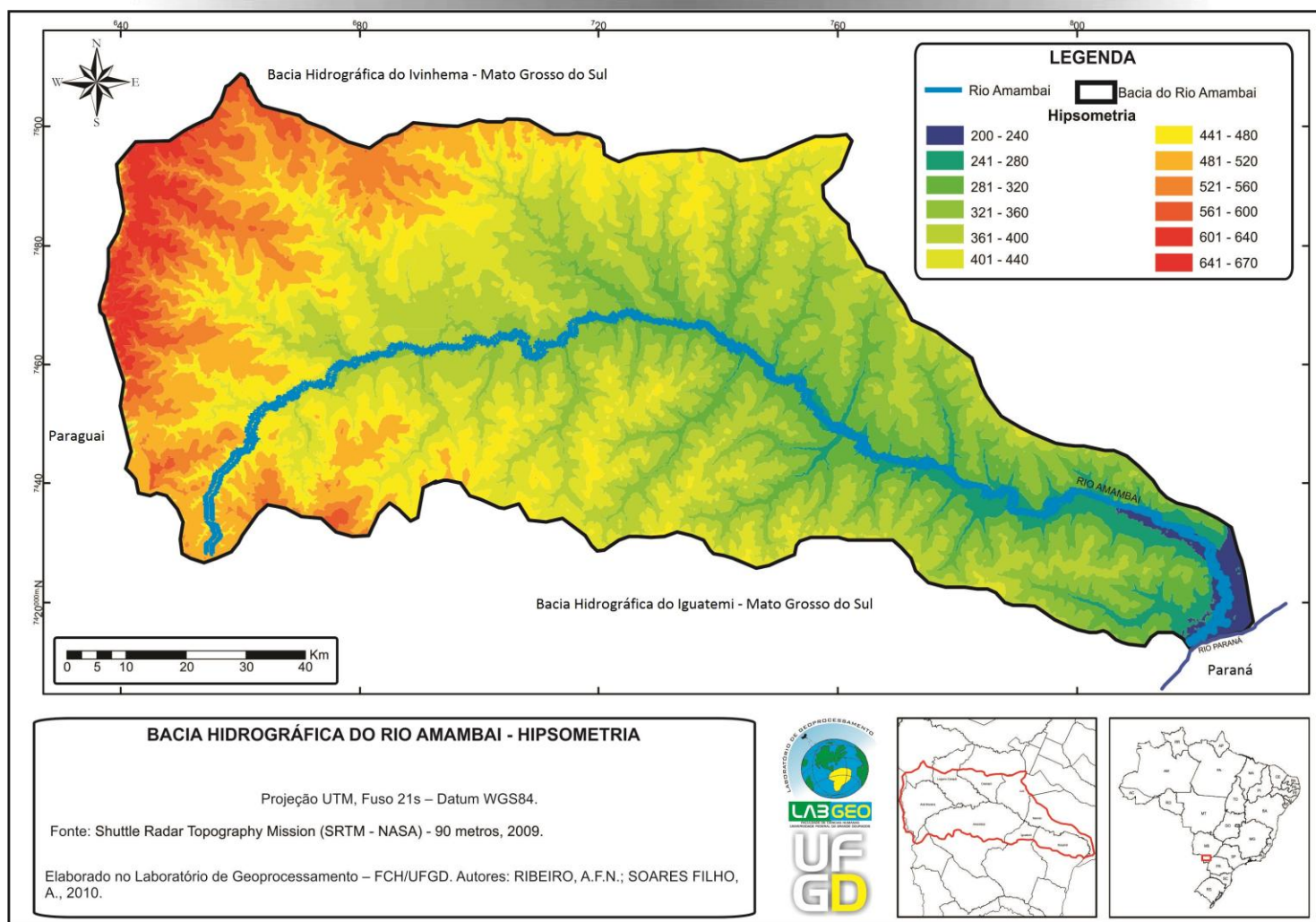


Figura 4 – Carta Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Amambai-MS, 2010.

Evidenciando os aspectos climáticos da bacia hidrográfica do Amambai, esta possui um clima, segundo a classificação de Koeppen, *Cfa* (clima temperado úmido com verão quente) predominantemente, podendo apresentar em seu setor mais setentrional, características de *Aw* (clima tropical com estação seca de inverno). Deste modo, a área de estudo apresenta uma situação de zona de transição climática entre zonas subtropicais e tropicais, o que é uma característica muito presente no Estado brasileiro do Mato Grosso do Sul, em especial no setor centro-sul e central do Estado (ZAVATTINI, 1990). A área de estudo em questão possui, ao contrário das bacias hidrográficas localizadas mais ao norte, um regime de chuvas mais homogêneo e um volume maior de precipitação anual, na ordem de 1500 mm a 2000 mm (MATO GROSSO DO SUL, 1990).

Com relação aos solos da área de estudo, estes podem ser classificados como os Argissolos Vermelhos, os Argissolos Amarelos, os Gleissolos, os Latossolos Vermelhos, os Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos e os Planossolos Háplicos (Figura 5).

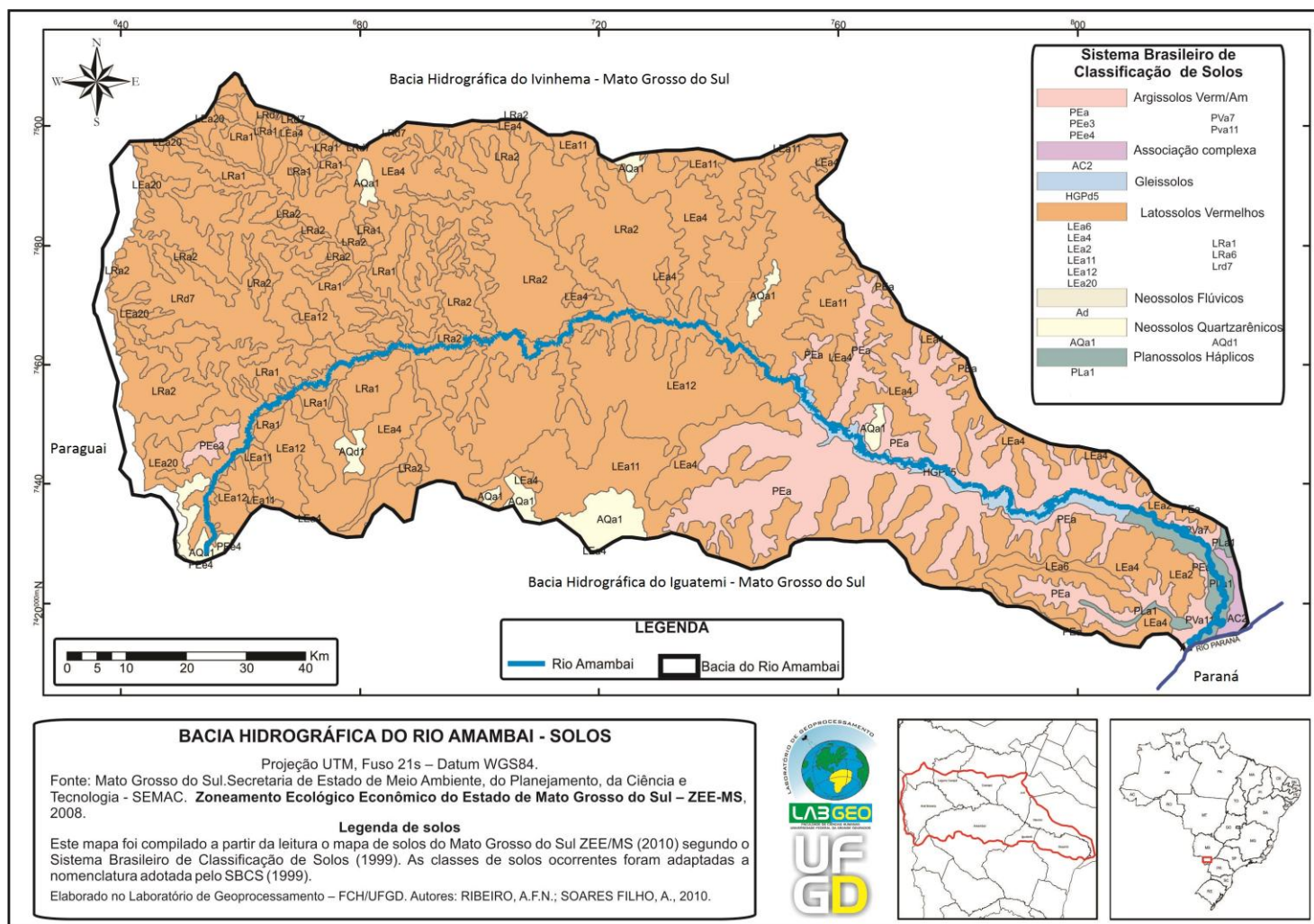


Figura 5 – Carta Pedológica da Bacia Hidrográfica do Amambai-MS, 2010.

Os Argissolos são solos com teor de argila no horizonte superficial para horizonte B, com ou sem decréscimos para porções mais profundas do perfil. Já os horizontes A e Bt, apresentam uma transição usualmente clara, abrupta ou gradual, tendo uma textura que varia de arenosa para argilosa. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Estes argissolos se encontram no setor do médio e baixo Amambai (Figura 5).

Os Gleissolos, por sua vez, são um agrupamento de solos de expressiva gleização (EMBRAPA, 2006), ou seja, possuem características de hidromorfia, resultante de processamento de intensa redução de compostos de ferro, em presença de matéria orgânica, com ou sem alternância de oxidação, por efeito de flutuação de nível do lençol freático em condições de regime de excesso de umidade permanente ou periódico. Estes solos apresentam características de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas e localizam no setor do baixo Amambai, especialmente próximo à sua jusante.

Os Latossolos são solos em um avançado estágio de intemperização, variando de fortemente drenados a bem drenados, por vez ocorrendo de apresentar solos de cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo quase imperfeitamente drenada. Segundo EMBRAPA (2006), tratam-se normalmente de solos profundos com uma sequência de horizontes edáficos A, B e C homogêneos em seus subhorizontes. O aumento da presença de argila, de A para B é pouco expressiva e a relação B/A não satisfaz a constituição do um horizonte B textural. Constituem-se como o tipo de solo predominante da bacia hidrográfica do Amambai.

Os Neossolos, por sua vez, são conhecidos por não apresentarem nenhum tipo de horizonte B, e possuem sequências de horizonte A-R, A-C-R, A-Cr-R, A-Cr, A-C, O-R ou H-C, sem atender, contudo, aos requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Chernossolos, Vertissolos, Plintossolos, Organossolos ou Gleissolos (EMBRAPA, 2006). Esta classe admite diversos tipos de horizontes superficiais, incluindo os horizontes O, com menos de 20 cm de espessura quando sobrejacente à rocha, ou horizonte A húmico ou proeminente, com mais de 50 cm quando sobrejacente à camada R, C ou Cr. Dentre estes Neossolos, destacam-se os quartzarênicos, que se constituem em específicas áreas da bacia hidrográfica com solos muito arenosos e, conseqüentemente, com muito elevado risco de erosão.

Por último, mas não menos importantes, os Planossolos caracterizam-se por uma drenagem deficiente, possuindo horizontes B textural de densidade aparentemente elevada e semipermeável, situados em uma posição topográfica praticamente plana, favorecendo ao acúmulo de água e oferecendo condições para a formação de um ambiente redutor. Trata-se de um solo característico do setor do baixo Amambai, próximo com a confluência com o rio Paraná.

METODOLOGIA DE PESQUISA

O primeiro passo metodológico da pesquisa consistiu na construção do Banco de Dados com as informações já disponibilizadas para a área pesquisada, através de técnicas de geoprocessamento, chegando-se aos primeiros resultados da análise, tais como a rede de drenagem da bacia e a sua extensão areal total. Deste modo, para elaboração do levantamento cartográfico da bacia hidrográfica do rio Amambai, foram utilizadas cartas topográficas de toda a área de estudo, estas com escalas de 1:100.000.

Dentre as cartas utilizadas, estas dispunham de imagem matricial (raster) das cartas topográficas da Divisão do Serviço Geográfico do Exército (DSG), escala 1:100.000, utilizando-se, posteriormente, o software GlobalMapper para o georreferenciamento das mesmas. Depois de registradas, foram salvas no formato GeoTIFF. Utilizou-se, após, o software ArcGIS 9.3.1 (número de licença 37153193) para digitalização da rede hidrográfica da bacia do Amambai.

Os dados vetoriais, por sua vez, foram inseridos em um banco de dados do programa Spring 5.0.6, para revisão e ajuste manual da rede de drenagem, pois para que o processo de análise dos canais seja efetuado é preciso que todas as linhas estejam ajustadas. Este processo é importante, pois, no processo de digitalização dos produtos cartográficos, todas as falhas devem ser corrigidas para uma correta quantificação dos dados. Posteriormente, os dados obtidos no procedimento de digitalização foram exportados para o formato *shapefile*, para montagem das cartas no *software* ArcMap.

A partir da cuidadosa análise dos dados, mediante precisa utilização de técnicas de geoprocessamento, realiza-se então a definição das características hidrográficas da bacia, tendo, como base de interpretação, os já clássicos conceitos de análise morfométrica apresentados por Christofolletti (1980). A partir deste ponto da pesquisa, começa-se, primeiramente, uma espacialização da rede de drenagem da bacia hidrográfica, classificada segundo o método de classificação de Horton (1945), para, posteriormente, se obter os dados morfométricos lineares e areais, segundo as equações apresentadas (Tabela 2) e assim, por último, possibilitar a análise destes dados referentes à área de estudo, concluindo, deste modo, a pesquisa.

Tabela 2 – Fatores e equações utilizados para a análise linear e areal de uma Bacia Hidrográfica (Christofolletti, 1980):

ANÁLISE LINEAR	
Relação de bifurcação: relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior, (Horton, 1945);	(1) $R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$ <p>N_u é o número de segmentos de determinada ordem e N_{u+1} é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.</p>
Comprimento médio dos canais de cada ordem: para se calcular o comprimento médio dos segmentos fluviais, L_m , divide se a soma dos comprimentos dos canais de cada ordem L_u pelo numero de segmentos fluviais de cada ordem N_u :	(2) $L_m = \frac{L_u}{N_u}$
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem: 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:	(3) $RL_m = \frac{L_{m_u}}{L_{m_{u-1}}}$ <p>RL_m é a relação entre os comprimentos médios dos canais; L_{m_u} é o comprimento médio dos canais de determinada ordem, e $L_{m_{u-1}}$ é o comprimento médios dos canais de ordem imediatamente inferior.</p>
Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação: é um importante fator na relação entre a composição da drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas:	(4) $R_{lb} = \frac{R_{lm}}{R_b}$ <p>R_{lb} é a relação entre o índice do comprimento médio e o de bifurcação; R_{lm} é o índice do comprimento médio entre duas ordens subseqüentes e R_b é a relação de bifurcação entre as mesmas duas ordens subserqüentes.</p>
Extensão do percurso superficial: representa a 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.	(5) $Eps = \frac{1}{2Dd}$ <p>Eps representa a extensão do percurso superficial e Dd é o valor da densidade de drenagem.</p>
Equivalente vetorial: representa o comprimento de cada segmento fluvial de determinada ordem, em linha reta, que se estende do nascimento ao término do referido canal. Somando os equivalentes vetoriais de cada canal em linha reta e divide se pelo numero de canais da ordem obtém o resultado da grandeza média de cada ordem.	

<p>Relação do equivalente vetorial: é obtida da divisão da grandeza média do equivalente vetorial de cada ordem pelo de ordem inferior:</p>	<p>(6)</p> $Re v = \frac{Ev_u}{Ev_{u-1}}$ <p>$Re v$ é a relação do equivalente vetorial, Ev_u é a grandeza média do equivalente vetorial de determinada ordem e Ev_{u-1} é a grandeza média dos equivalentes vetoriais de ordem inferior.</p>
<p>ANÁLISE AREAL</p>	
<p>- área da Bacia (A); - perímetro da Bacia; - comprimento da Bacia (L);</p>	
<p>Forma da bacia: é a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro (Miller In: Christofolletti, 1980):</p>	<p>(7)</p> $Ic = \frac{A}{Ac}$ <p>Ic é o índice de circularidade; A é a área da bacia considerada e Ac é a área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada.</p>
<p>Densidade de rios: é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica:</p>	<p>(8)</p> $Dr = \frac{N}{A}$ <p>Dr é a densidade de rios; N é o número total de rios ou cursos de água e A é a área da bacia considerada.</p>
<p>Densidade de drenagem: correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica:</p>	<p>(9)</p> $Dd = \frac{L_t}{A}$ <p>Dd significa a densidade de drenagem; L_t é o comprimento total dos canais e A é a área da bacia.</p>
<p>Comprimento total dos cursos fluviais (L_t): é o comprimento dos segmentos fluviais da bacia de todas as ordens</p>	
<p>Coefficiente de manutenção: fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, (Schumm, 1963):</p>	<p>(10)</p> $Cm = \frac{1}{Dd} \times \text{área} (m^2)$ <p>Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é o valor da densidade de drenagem, expresso em metros.</p>

APRESENTAÇÃO DOS DADOS DA ANÁLISE FLUVIOMORFOMÉTRICA LINEAR E AREAL

Os dados obtidos, após os procedimentos de digitalização da área de estudo, foram os seguintes (Tabelas 3 e 4):

Tabela 3 – Dados obtidos referentes aos fatores lineares da análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Amambaí

Orde m	N_u	R_b	L_u (m)	L_m (m)	Rl_m	R_{lb}	E_v(m)	R_{ev}
1 ^a .	558	4,39	1.722.994	3.087,8	-	-	-	-
2 ^a .	127	3,6	867.514,6	6.830,82	2,212	0,614	6.019,9	-
3 ^a .	35	2,19	460.486,8	13.156,74	1,926	0,880	10.773,5	1,789
4 ^a .	16	2,66	470.614,4	29.413,4	2,235	0,838	20.817,7	1,932
5 ^a .	6	6	211.301,7	35.216,95	1,197	0,199	25.952,8	1,246
6 ^a .	1	1	118.084,7	118.084,7	3,353	3,353	64.598,4	2,489
7 ^a .	1		358.896,8	358.896,8	3,039	-	165.215,2	2,557
Extensão do percurso superficial (Eps)					1.212,375 m			
Comprimento do rio principal (L_t)					358.896,8 m			

Tabela 4 – Dados obtidos referentes aos fatores areais da análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Amambaí

Área da bacia (A)	10.207,9 km ²
Perímetro (P)	550,6 km
comprimento da bacia (L)	198.488,53 m ou 198,49 Km Nw para Sd
Densidade dos rios (Dr)	0,073 canal/km ²
Densidade da drenagem (Dd)	0,412 km/km ²
Comprimento total dos cursos fluviais (L_t)	4.209.892 m ou 4.209,89 km
Coefficiente de manutenção (Cm)	2.427 m ² /m

A seguir, são apresentados os dados e o mapa (Figura 6) referentes à caracterização hierárquica da Bacia Hidrográfica do Rio Amambai, segundo o método de classificação de Horton (1945):

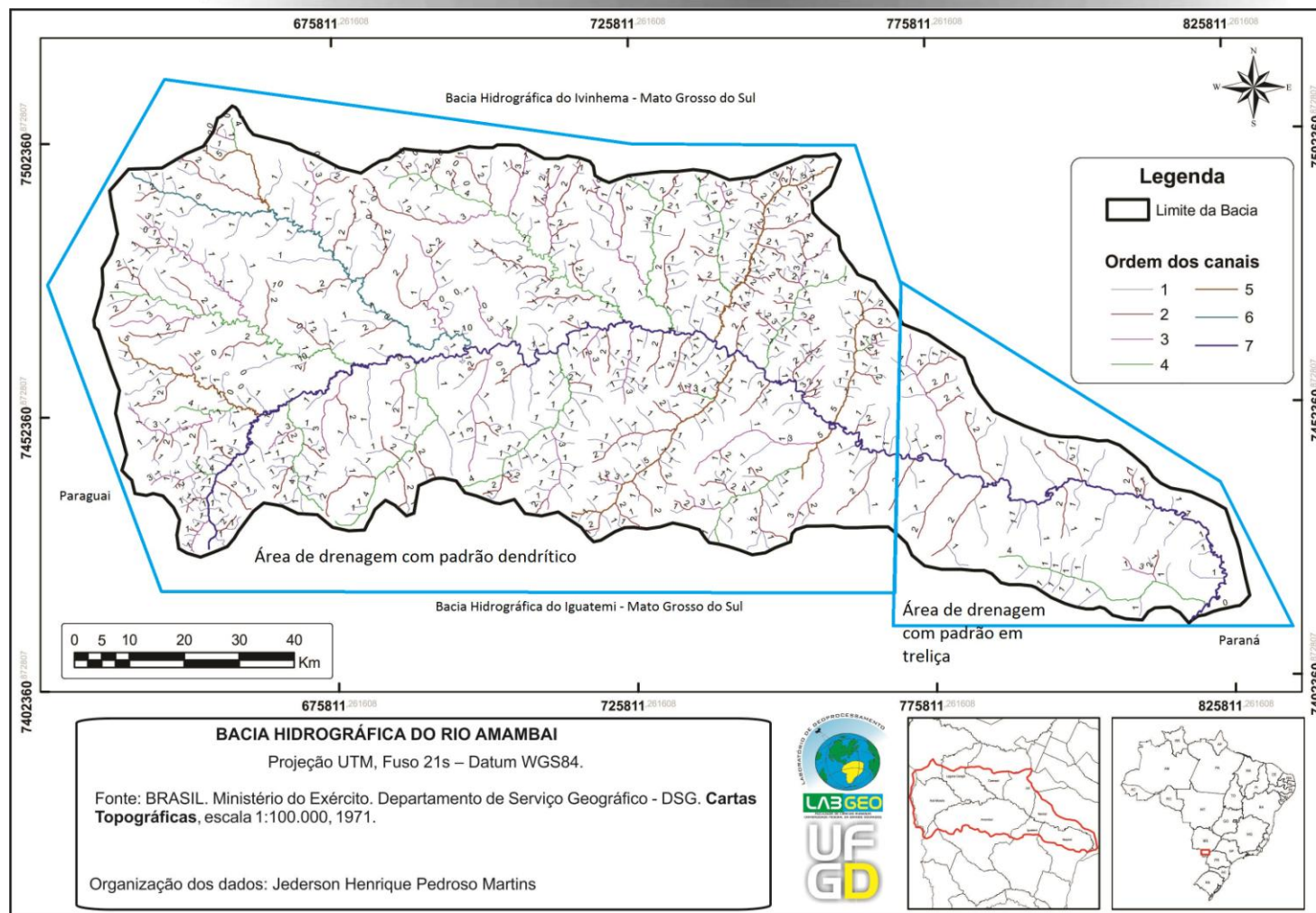


Figura 6 – Rede de drenagem e Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Amambai, segundo a classificação de Horton, 2012.

Tabela 5 - Distribuição da drenagem dos canais da bacia hidrográfica do Rio Amambai e sua ordem

Classificação dos Canais	Quantidade de Canais
1ª ordem	558 canais
2ª ordem	127 canais
3ª ordem	35 canais
4ª ordem	16 canais
5ª ordem	06 canais
6ª ordem	01 canal
7ª ordem	01 canal

INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Segundo os dados obtidos referentes à morfometria da Bacia Hidrográfica do Amambai, esta se constitui como uma área portadora de uma significativa rede de drenagem superficial. Isso se confirma, primeiramente, pelo número de canais de primeira ordem (558 canais) para uma área com um pouco mais de 10.000 km², o que denota um significativo potencial para o surgimento de nascentes em toda a bacia. Boa parte deste número de canais, que, em toda a bacia, são no total de 744 canais contabilizados, pode ser, em parte, explicada pela baixa permeabilidade dos nitossolos (latossolos roxos e terras roxas estruturadas), que se encontram, principalmente, no setor noroeste e central da referente bacia hidrográfica (Tabela 5; Figura 6). Esses canais de primeira ordem, em média, possuem apenas três quilômetros de extensão até sua confluência, mas perfazem um total de 1.722 quilômetros de rede de drenagem da bacia. Esta rede de drenagem, somada ao potencial de produtividade destes nitossolos, faz com que esta bacia hidrográfica possua um dos solos mais férteis para cultivo em todo o Estado do Mato Grosso do Sul e, talvez, nacionalmente. Todavia, a qualidade

destes solos decaem significativamente quando estes passam a possuir uma textura mais arenosa, solos estes localizados no setor mais meridional e oriental da bacia, nas áreas cujo substrato rochoso inicial é composto pela Formação Caiuá e não mais pelos basaltos da Formação Serra Geral (Figuras 2 e 5).

A razoável densidade da rede de drenagem da referente bacia hidrográfica é favorecida por um clima Subtropical Úmido (*Cfa*), que faz desta região uma das mais bem servidas por chuvas em todo o Estado do Mato Grosso do Sul e por uma majoritária presença, portanto, destes nitossolos, que impedem uma infiltração demasiada das águas superficiais. Sendo assim, a forma de drenagem majoritária, na área da bacia hidrográfica do Amambai, é a dendrítica. Esta drenagem dendrítica cobre cerca de 80% de toda a rede, aproximadamente, e é caracterizada pela sua tradicional forma arborescente, possuindo correntes tributárias espalhadas por todas as direções do terreno formando, em suas confluências, ângulos agudos. Segundo Cunha (apud CUNHA; GUERRA, 1995), o padrão dendrítico se desenvolve quando a rede de drenagem se encontra localizada sobre rochas com nível de resistência uniforme, situação comum entre formações geológicas de característica homogênea, como a Formação Serra Geral.

Todavia, convém destacar que, por sua vez, a drenagem em treliça ocupa, aproximadamente, 20% da área total da bacia, área esta localizada na extremidade leste da área, setor próximo à foz do rio Paraná. Sua característica é de apresentar canais que seguem as fraturas geológicas da área, sendo os talwegues também constituídos pelas rochas basálticas da formação Serra Geral. Os afluentes, devido à forte influência tectônica, podem originar, em suas jusantes, ângulos retos de bifurcação, ao contrário da natureza de ângulos agudos da drenagem dendrítica. O valor da Relação de Equivalente

Vetorial (R_{ev}) da bacia hidrográfica, se comparada como os valores de R_{Lm} , revelam que a semelhança estatística entre as duas relações, comprova o forte controle tectônico das redes de drenagem da bacia. Contudo, esta área possui, imediatamente sobreposta a estes talwegues, o substrato geológico do Arenito Caiuá (Grupo Bauru), que possui um potencial de infiltração hídrica subterrânea maior do que a área correspondente aos nitossolos, fazendo com que o setor do baixo Amambai possua uma rede de drenagem menos densa do que a dos setores do médio e do alto Amambai localizados nas áreas com rede de drenagem dendrítica.

Continuando a análise dos dados, estes revelam que existem, em média, 4,39 confluências de canais de primeira ordem para um canal de segunda ordem. Normalmente, os dados da relação de bifurcação decrescem com o aumento da ordem dos canais, contudo, há um aumento da R_b entre os canais de quarta e quinta ordem, justamente pela diminuição da quantidade de número de canais de ordem superior. Deste modo, os canais de quarta a sétima ordem já se constituem como os rios principais da Bacia Hidrográfica em questão, sendo que os canais de quarta ordem já possuem uma extensão média de 29,4 quilômetros. O rio principal da Bacia Hidrográfica do Amambai é o rio Amambai, com uma extensão de 358,89 quilômetros, sendo este o único rio de sétima ordem da área de estudo, segundo a classificação de Horton. Um estudo comparativo entre os valores de relação de bifurcação e entre os valores referentes aos cumprimentos de canais das ordem dos rios seria interessante e importante com as bacias hidrográficas do Iguatemi e do Ivinhema, as bacias vizinhas. Contudo, tal comparação não é possível devido à falta de dados morfométricos entre as duas bacias hidrográficas vizinhas.

Com relação à análise da Relação do Comprimento Médio dos Rios (R_{Lm}), segundo a sua equação, quanto maior a extensão média do canal de ordem inferior, menor o resultado final. Conseqüentemente, um menor resultado de R_{Lm} pode significar também uma mais significativa complexidade da rede de canais de ordens inferiores. Isso se denota no valor de R_{Lm} para com os rios de segunda ordem (2,212), devido a extensão dos rios de primeira ordem. A extensão total dos rios de primeira ordem (1722 km) configura-se como o dobro da extensão dos rios de segunda ordem (867,5 quilômetros). Os rios de terceira ordem possui uma R_{Lm} de 1,929 devido à maior extensão média dos canais de drenagem dos rios de segunda ordem. O valor de R_{Lm} , dos rios de quinta ordem é o mais baixo (1,197), devido à extensão média dos canais de quarta ordem, já que o porte dos canais de quarta ordem é bem semelhante aos de quinta ordem.

O valor da Relação entre o comprimento médio total e de bifurcação (R_{lb}), entre os canais de segunda, terceira e quarta ordem, ficaram entre 0,614 a 0,838, o que reflete o significativo nível de bifurcação dos canais destas classes se comparadas à R_{lm} das mesmas. O valor de 0,199 nos canais de quinta ordem já apresenta, por sua vez, a influência da diminuição do valor de R_{lm} o que denota uma diminuição da extensão total dos canais de quinta ordem com os de quarta ordem, o que dividido com o valor de R_b mais elevado fez o resultado ficar mais diminuto.

Interpretando algumas medidas de análise areal, a densidade dos rios (D_r) apresenta o valor de 0,073 canal por km^2 , o que representa encontrar aproximadamente um canal a cada 13,33 quilômetros quadrados de área da bacia. Com relação à densidade de drenagem (D_d) esta apresentou o valor de 0,412 km/km^2 , Segundo Christofolletti (apud ANTONELI; THOMAZ, 2007), valores abaixo de 7,5 km/km^2 são

valores que apresentam baixa rede de drenagem. Desse modo, a rede de drenagem da referente bacia é baixa. De fato, em uma bacia hidrográfica dotada de uma significativa área de drenagem, onde as características geomorfológicas tendem geralmente à presença de relevos planos a muito suaves em toda a sua extensão, não se poderia esperar desta área valores de densidade de drenagem elevados como, por exemplo, de áreas de pequenas a médias bacias hidrográficas localizadas em áreas montanhosas e, conseqüentemente, dotadas de solos rasos, mal formados, com um predomínio do *runoff* sobre os processos de infiltração hídrica (LANA et. al., 2001; PAULA ALVES; AMORIM CASTRO, 2003). Entretanto, conceber um canal hídrico a cada 13,33 km² é um valor positivo para o reconhecimento do potencial agrícola da área, ainda mais quando a área é dotada por solos férteis (área dos nitossolos) e quando a mesma é provida por graus de declividade baixos e por um desnível altimétrico de aproximadamente 400 metros de altitude em 198 quilômetros de extensão de bacia em sentido noroeste-sudeste.

Outros fatores que caracterizam positivamente a área da bacia hidrográfica do Amambai como uma área dotada de uma favorável rede de drenagem e de um adequado potencial hídrico é a extensão média de escoamento superficial (*runoff*), ou seja, a extensão percorrida para que essa água drenada superficialmente chegue ao primeiro curso de água: 1.212 metros em média. Com relação ao coeficiente de manutenção da área (C_m), outro importante valor estatístico que fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento em uma bacia, são necessários, segundo os dados obtidos, 2.427,2 m² de área da bacia para manutenção de um metro de canal de escoamento na referente bacia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O referente artigo pôde chegar às seguintes considerações, referentes à área da bacia Hidrográfica do Rio Amambai, segundo seu processo de análise morfométrica:

- A área de influência da referente bacia hidrográfica possui um potencial hídrico significativo, dotada de uma rede de drenagem complexa e rica, se considerada as características físicas de sua área, em especial os seus fatores geomorfológicos (tais como ser uma área dotada de colinas suaves ou mesmo de extensas áreas planas, que não ultrapassam os 700 metros de altitude nas áreas mais elevadas da bacia hidrográfica) e os seus fatores pedológicos (sendo uma área dotada de solos com horizontes edáficos profundos e, em geral, com uma textura argilosa). A associação do seu potencial hídrico com as características pedológicas e geomorfológicas da bacia e com o seu regime pluviométrico fazem, desta região, uma fértil e produtiva área do Centro-sul do Mato Grosso do Sul e do Brasil;

- A rede de drenagem possui, segundo os dados obtidos, uma forte influência tectônica na bacia como um todo, em sua formação, o que pode ser comprovado pelos resultados entre o equivalente vetorial das classes e do comprimento médio destas. Os valores semelhantes entre RL_m e R_{ev} também indicam a forte presença estrutural na rede de drenagem da área de estudo;

- A área da bacia hidrográfica em questão possui dois tipos de rede de drenagem bem distintos: uma rede de drenagem dendrítica, que possui sua gênese majoritariamente devida aos nitossolos originados pela Formação Serra Geral, ocupando, este tipo de rede de drenagem, mais de três quartos da área de estudo, além de uma rede de drenagem em

treliça, rede esta formada por talwegues que correm pelas fraturas basálticas da formação Serra Geral mas que estão encaixados pelos arenitos da Formação Caiuá sobreposta a estas fraturas. Esta rede de drenagem em treliça ocupa, aproximadamente, um quarto da área de estudo e está localizada, por sua vez, no setor do baixo Amambai;

- Pelo fato da carência de trabalhos com o tema análise morfométrica, não somente na área de estudo mas em todo o Estado do Mato Grosso do Sul, uma comparação dos dados da Bacia Hidrográfica do Rio Amambaí com outras bacias vizinhas, tais como as dos rios Ivinhema ou Iguatemi, não foi possível, o que certamente contribuiria com melhores explicações sobre as características morfométricas regional e com um melhor enriquecimento da configuração física e espacial da área. Contudo, esta situação faz, do presente estudo, um dos pioneiros para com o tema vinculado à análise morfométrica em bacias hidrográficas no Estado do Mato Grosso do Sul e propiciador de novas e mais detalhadas pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. *Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista*. In: Revista Caminhos de Geografia, Uberlândia, UFU, v.8, n. 21, pp. 46-58, jun. 2007.

BRASIL. Lei 6938/1981, Política Nacional do Meio Ambiente. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm - Acesso em 05 de março de 2014.

_____. Lei 12.651/2012, Código Florestal Brasileiro. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm - Acesso em 05 de março de 2014.

_____. Decreto 4297/2002, critérios para a realização de ZEEs. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm - Acesso em 05 de março de 2014.

CAMARA, G.; MODESTO SOUZA, R. G. ; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: *Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling*. Computers & Graphics, n. 20, mai-jun. 1996. pp. 395-403.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 109 p.

CUNHA, S. B. *Geomorfologia Fluvial* In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. pp. 211-252.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 2006. 306 p.

ESRI. **ArcGis 9.3.1**. Geographical Information System. Environment System Research Institute Inc, Redlands CA, 2009. Número de licença 37153193.

HORTON, R.E. *Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology*. Geological Society of America Bulletin. Boulder, Colorado, EUA, pp. 275-370, 1945.

LANA et. al. *Análise morfométrica da bacia do rio Tanque -MG - Brasil*. In: Revista Escola de Minas. Ouro Preto: vol.54, n.2, jul.-ago. 2001.

MATO GROSSO DO SUL. *Atlas Multirreferencial do Mato Grosso do Sul*. Campo Grande: Governo do Estado de Mato Grosso do Sul, Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral, 1990. 24 p.

_____. Zoneamento Ecológico-Econômico do Mato Grosso do Sul. <http://www.semec.ms.gov.br/zeems/> - Acesso em 05 de março de 2014.

_____. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Mato Grosso do Sul. Campo Grande-MS: Editora da UEMS, 2010. 194 p.

PAULA ALVES, J. M.; AMORIM CASTRO, P. T. *Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque - MG baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos* In: Revista Brasileira de Geociências, v. 33, jun. 2003. pp. 117-124.

ZAVATTINI, J. A. *Dinâmica Atmosférica e as Chuvas no Mato Grosso do Sul*. 1990. 320 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo: 1990.

Recebido para publicação em 27 de junho de 2014

Devolvido para revisão em 01 de outubro de 2014

Aceito para publicação em 10 de outubro de 2014