



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSO
EM GEOGRAFIA**



EVANDRO ANDRÉ FÉLIX

**MORFOLOGIA, MORFOMETRIA E DINÂMICA FLUVIAL COMO
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO DOS RECURSOS
HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL- MT.**

CÁCERES – MT

2018



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSO
EM GEOGRAFIA**



EVANDRO ANDRÉ FÉLIX

**MORFOLOGIA, MORFOMETRIA E DINÂMICA FLUVIAL COMO
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO DOS RECURSOS
HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL - MT**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Geografia para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof. Dr^a. Célia Alves de Souza

CÁCERES – MT

2018

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

FÉLIX, Evandro.

F111m Morfologia, Morfometria e Dinâmica Fluvial Como Subsídio para o Planejamento dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal- MT/ Evandro Félix – Cáceres, 2018. 173 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso

(Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Geografia, Faculdade de Ciências Humanas, Campus de Cáceres, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2018.

Orientador: Célia Alves de Souza

1. Bacia. 2. Rio Cabaçal. 3. Morfometria, Morfologia, Dinâmica Fluvial. 4. Paisagem Suscetibilidade, Vulnerabilidade. 5. Planejamento. I. Evandro Félix. II. Morfologia, Morfometria e Dinâmica Fluvial Como Subsídio para o Planejamento dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal- MT: .

CDU 556.5


EVANDRO ANDRÉ FÉLIX

MORFOLOGIA, MORFOMETRIA E DINÂMICA FLUVIAL COMO SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL-MT


Essa Dissertação foi julgada e aprovada como partes dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Cáceres, 26 de março de 2018.


Banca examinadora


Prof.^a. Dr.^a. Celia Alves de Souza
Orientadora

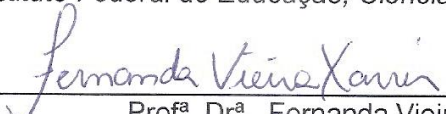
Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat)


Prof. Dr. Flavio Rodrigues do Nascimento
Avaliador Externo

Universidade Federal do Ceará (UFC)


Prof. Dr. Juberto Babilônia de Sousa
Avaliador Interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFMT)


Prof.^a. Dr.^a. Fernanda Vieira Xavier
Avaliadora Interna

Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat)

CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, que mesmo diante das dificuldades educaram seus cinco filhos com muito amor, sabedoria e dedicação. A minha esposa e filhos que são o verdadeiro sentido da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por toda a criação e liberdade para evoluir na busca de um mundo melhor.

A UNEMAT por meio do Programa de Pós-Graduação em Geografia, por disponibilizar este espaço de aperfeiçoamento e crescimento profissional.

A SEDUC - Secretaria de Estado de Educação, Esporte e Lazer, pelo zelo ao direito de qualificação e aprimoramento profissional de seu corpo docente.

A todos (as) sindicalistas que lutam pela ampliação e manutenção de garantias e direitos da classe trabalhadora, sempre no intuito de melhorar a qualidade dos serviços prestados.

Ao WWF Brasil e Prefeitura Municipal de Reserva do Cabaçal pelo apoio e suporte a realização da pesquisa.

A todos da equipe do LAPEGEOF: Willian, Vinícios, Evanil, Carolina, Cristiane, Thales, Vanilda e Sebastião, muito obrigado pelo profissionalismo, dedicação, atenção e companheirismo e amizade.

Aos amigos José Lourenço e Harrison e todos de nossa turma, obrigado pela atenção e pelos momentos de debate e descontração.

Ao amigo Edson Buaski, sempre disposto e pronto a colaborar, ao Narciso piloteio pela habilidade e segurança no campo e a Luiz Henrique Gusmão pelo pronto atendimento.

Agradeço aos professores Juberto Babilônia, Flavio Rodrigues, Fernanda Xavier pelas contribuições na banca de qualificação, Contribuições estas fundamentais para o aperfeiçoamento deste trabalho.

De modo especial quero agradecer professora Dr^a Célia Alves de Souza pela confiança e paciência para comigo na orientação, e pela liderança, dedicação e empenho que exerce sobre este programa de Pós Graduação, muito obriga por tudo.

Por fim agradeço a todos e todas que de forma direta e indireta contribuíram com a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	vi
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	17
1. INTRODUÇÃO	17
CAPÍTULO II.....	21
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Paisagem: uma síntese das transformações socioambientais na superfície terrestre.....	21
2.2. Bacias hidrográficas: abordagem integrada para planejamento ambiental.....	26
2.3 Dinâmica fluvial: mecanismo de diagnóstico e processos associados	30
2.4. Análise morfológica e morfométrica de bacias hidrográficas	34
CAPÍTULO III.....	37
3. MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1. Área de estudo	37
3.2. Procedimentos metodológicos.....	40
3.2.1. Trabalho de gabinete.....	40
3.2.1.1 Morfometria	41
3.2.1.2 Cálculo de vazão e de descarga sólida em suspensão.....	43
3.2.2. Trabalho de campo.....	44
3.2.3. Atividade de laboratório.....	45
3.2.3.1 Sedimentos de fundo (Granulometria)	45
3.2.3.2. Concentração de sólido suspenso	46

CAPÍTULO IV	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
4.1. Caracterização ambiental, análise morfológica e morfométrica das sub-bacias do rio Cabaçal	47
4.1.1 Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso.....	48
4.1.2 Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso.....	61
4.1.3 Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso	71
4.1.4 Sub-bacia do rio Branco.....	79
4.1.5 Sub-bacia do rio Bugres.....	89
4.1.6 Sub-bacia do rio Vermelho	99
4.2. Dinâmica fluvial e regime hidrológico da bacia hidrográfica do rio Cabaçal	109
4.2.1 Dinâmica fluvial na bacia hidrográfica do rio Cabaçal e associações hidrogeologias.	109
4.2.1.1 Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso.....	113
4.2.1.2 Sub-bacia do rio Branco	119
4.2.1.3 Sub-bacia do rio Bugres	124
4.2.1.4 Sub-bacia do rio Vermelho.....	128
4.2.1.5 Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso.....	132
4.2.1.6 Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso	136
4.2.2 Regime hidrológico da bacia hidrográfica do rio Cabaçal.....	138
4.3 Unidades da paisagem, uma síntese dos elementos ambientais da bacia hidrográfica do rio Cabaçal como subsídio ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos.....	143
4.3.1 Unidade I – Paisagem das terras altas (planaltos e rebordos erosivos).....	147
4.3.2 Unidade II – Paisagem das terras médias (morros e colinas suavizadas e áreas aplainadas).....	153

4.3.3 Unidade III – Paisagem das terras baixas (superfícies aplainadas e terraços aluviâres e planície Fúlvio lacustre)	157
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	Erro! Indicador não definido.
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
BAP	Bacia do Alto Paraguai
CPP	Comissão de Planejamento da Produção
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Cssi	Concentração de sedimento em suspensão da vertical
DTC	Departamento de Terras e Colonização
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPS	sistema de posicionamento global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Imaflora	Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
MDE	Modelo Digital de Elevação
NaOH	Hidróxido de Sódio
QL	Descarga líquida da respectiva vertical
Qss	Descarga sólida em suspensão
SEPLAN	Secretaria De Estado De Planejamento
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UTM	Universal Transversa de Mercator
WWF	World Wide Fund for Nature (Fundo Mundial para a Natureza)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Bacia hidrográfica do rio Cabaçal: percentual de área por município.....	37
Tabela 2- parâmetros morfométricos, fórmulas e padrão de referência	42
Tabela 3-Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: percentual de uso e cobertura 2014.....	48
Tabela 4- Sub-bacia rio Cabaçal alto curso: percentual de área por unidade geológica ...	50
Tabela 5 - Sub-bacia rio Cabaçal alto curso: percentual de área por unidade do relevo...	51
Tabela 6 - Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: unidades pedológicas	55
Tabela 7 - Dados morfométricos da sub-bacia do rio Cabaçal alto curso.....	55
Tabela 8 - Número de canais por ordem hierárquica.....	56
Tabela 9- Classes de relevo e percentuais de área.....	58
Tabela 10 Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: percentual de uso e cobertura 2014...	61
Tabela 11 - Sub-bacia rio Cabaçal médio curso: percentual de área por unidade geológica	61
Tabela 12-Sub-bacia rio Cabaçal médio curso: percentual de área por unidade do relevo	63
Tabela 13-Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: unidades pedológicas	65
Tabela 14- Dados morfométricos da sub-bacia do Rio Cabaçal médio curso	67
Tabela 15 - Número de canais por ordem hierárquica.....	67
Tabela 16 - Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: classificação do relevo	70
Tabela 17-Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: percentual de uso e cobertura 2014	71
Tabela 18- Sub-bacia do rio Cabaça baixo curso: unidades geológicas	71
Tabela 19 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: distribuição das unidades do relevo ..	72
Tabela 20 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: percentuais de unidade pedológicas .	74
Tabela 21-Dados morfométricos da sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso.....	76
Tabela 22-Numero de canais por ordem hierárquica.....	76
Tabela 23 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: percentuais de classes do relevo	79
Tabela 24- Sub-bacia do rio Branco unidades geológicas.....	79
Tabela 25 - Sub-bacia do rio Branco: percentuais das unidades do relevo.....	81
Tabela 26-Sub-bacia do rio Branco: unidades pedológicas.....	83
Tabela 27- Dados morfométricos da sub-bacia do rio Branco	85
Tabela 28-Percentual de canais por ordem.....	86

Tabela 29-Sub-bacia do rio Branco: percentual de classes do relevo	87
Tabela 30 Sub-bacia do rio Bugres: percentual de uso e cobertura 2014	89
Tabela 31 - Sub-bacia do Rio Bugres: unidades geológicas	89
Tabela 32-Sub-bacia do rio Bugres: unidades do relevo	92
Tabela 33-Sub-bacia do rio Bugres	95
Tabela 34 - Sub-bacia do rio Bugres: dados e parâmetros morfológicos e morfométricos	96
Tabela 35-Sub-bacia do rio Bugres: percentual de canais por ordem.	96
Tabela 36-Sub-bacia do rio Bugres: percentual de unidade do relevo	98
Tabela 37-Sub-bacia do rio Vermelho: unidades geológicas.....	100
Tabela 38 - Sub-bacia do rio Vermelho: percentual de uso e cobertura da terra 2014....	101
Tabela 39-Sub-bacia do rio Vermelho: percentuais das unidades do relevo	101
Tabela 40 - Sub-bacia do rio Vermelho: unidade pedológicas.....	104
Tabela 41-Sub-bacia do rio Vermelho: dados e parâmetros morfométricos	106
Tabela 42-Sub-bacia do rio Vermelho: número e percentual de canais por ordem	106
Tabela 43 - Sub-bacia do rio Vermelho: percentual de classes do relevo	108
Tabela 44-Dados hidrodinâmicos, Concentração de Sedimentos Suspensos (Cssi) e Carga Sólida Suspensa (QSS) por seção das sub-bacia	109
Tabela 45 - Composição e percentuais da granulometria dos sedimentos de fundo por seção e sub-bacia.....	110
Tabela 46 - Diferença percentual de vazão e Qss T ¹ entre cheia e estiagem por seção.	112
Tabela 47 - Unidades hidrogeológicas: percentual por sub-bacia	112
Tabela 48- Bacia hidrográfica do rio Cabaçal: uso, cobertura e variação de 2002 a 2014	145
Tabela 49- Bacia hidrográfica do rio Cabaçal: classes e percentual de propriedades.....	146
Tabela 50 - Unidade da paisagem I: percentual e evolução do uso e cobertura 2002 a 2014.....	150
Tabela 51 - Unidade I: Composição e percentual de unidades do relevo.....	151
Tabela 52 - Unidade I: Tipo e percentual de propriedades	151
Tabela 53 - Unidade II: Composição e percentual de unidades do relevo.....	154
Tabela 54 - Unidade II: Tipo, percentual e variação do uso e cobertura da terra	155
Tabela 55 - Unidade II: Tipo e percentual de propriedades	156
Tabela 56 - Unidade II: Percentual por unidade do relevo.....	158

Tabela 57 - Unidade II: Tipo, percentual e variação do uso e cobertura	159
Tabela 58 – Unidade III: Tipo e distribuição das propriedades	159
Tabela 59 - Síntese das características ambientais, potencialidades, limitações e vulnerabilidade das unidades da paisagem	161

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Cabaçal. Fonte (IBGE 2016)	38
Figura 2- Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal: uso e cobertura e sub-bacias.....	48
Figura 3 - Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: unidades geológicas	50
Figura 4 - Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: distribuição do relevo	51
Figura 5 - Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: variações do clima	53
Figura 6 - Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: unidades pedológicas	54
Figura 7- Sub-bacia rio Cabaçal alto curso: rede de drenagem ordenada	57
Figura 8 - Sub-bacia rio Cabaçal alto curso: declividade e elevação.....	58
Figura 9 - Perfil topográfico.....	58
Figura 10 - Representação do padrão morfológico, morfométrico e processos associados	60
Figura 11 -Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: unidades geológicas	62
Figura 12-Sub-bacia rio Cabaçal médio curso: unidades do relevo.....	64
Figura 13-Sub-bacia do rio Cabaçal médio Curso: Variações do Clima	65
Figura 14-Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: unidades pedológicas	66
Figura 15- Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: rede de drenagem ordenada.....	68
Figura 16: Perfil topográfico: Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso	70
Figura 17 - Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: classificação do relevo e elevação....	70
Figura 18-Sub-bacia do rio Cabaçal: unidades geológicas.....	72
Figura 19-Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: unidades do relevo.....	73
Figura 20 - Sub-bacia do rio Cabaçal: variações do clima.....	74
Figura 21 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: unidades pedológicas.....	75
Figura 22 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: rede de drenagem ordenada.....	77
Figura 23 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: declividade e elevação.....	78
Figura 24-Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: perfil topográfico.....	78

Figura 25-Sub-bacia do rio Branco: unidades geológicas	80
Figura 26-Sub-bacia do rio Branco: unidades do relevo	81
Figura 27 - Sub-bacia do rio Branco: variações do clima.....	83
Figura 28-Sub-bacia do rio Branco: ocorrências pedológicas.....	84
Figura 29-Sub-bacia do rio Branco: rede de drenagem ordenada.....	86
Figura 30-Sub-bacia do rio Branco: declividade e elevação	88
Figura 31-Sub-bacia do rio Branco: perfil topográfico.....	88
Figura 32-Sub-bacia do rio Bugres: unidades geológicas	90
Figura 33-Sub-bacia do rio Bugres: distribuição das unidades do relevo	93
Figura 34-Sub-bacia do rio Bugres: subunidades do clima.....	94
Figura 35 - Sub-bacia do rio Bugres: unidades pedológicas.....	95
Figura 36-Sub-bacia do rio Bugres: rede de drenagem ordenada.....	97
Figura 37 - Sub-bacia do rio Bugre: declividade e elevação.....	99
Figura 38- Sub-bacia do rio Bugres: perfil topográfico.....	99
Figura 39-Sub-bacia do rio Vermelho unidades geológicas.....	100
Figura 40-Sub-bacia do rio Vermelho: unidades geomorfológicas	102
Figura 41 - Sub-bacia do rio Vermelho: subunidades do clima.....	104
Figura 42-Sub-bacia do rio Vermelho: distribuição das unidades pedológicas.....	105
Figura 43-Sub-bacia do rio Vermelho: rede de drenagem ordenada.....	107
Figura 44-Sub-bacia do rio Vermelho: declividade e hipsometria	108
Figura 45-Sub-bacia do rio Vermelho: perfil topográfico.....	108
Figura 46 - Sub-bacia Cabaçal alto curso: contexto hidrogeológico e as seções monitoradas	113
Figura 47 - Seção I - Córrego Guanabara	114
Figura 48 - Seção II - Rio Cabaçal montante.....	115
Figura 49 - Seção III - Rio Cabaçal jusante	116
Figura 50 - Seção I, II e III - Confluência do rio Cabaçal com córrego Guanabara.....	116
Figura 51 - Córrego Dracena e aspecto do uso ocupacional da terra	117
Figura 52 - Seção V - Rio Cabaçal médio curso (ponte na comunidade Cigarra)	118
Figura 53 - Seção VI rio Cabaçal baixo curso.....	119
Figura 54 - Sub-bacia do rio Branco: contexto hidrogeológico e as seções monitoradas	120
Figura 55 - Seção I - Rio Branco alto curso	121

Figura 56 - Seção II - Rio Branco montante (médio curso).....	122
Figura 57 - Seção III - Córrego Bracinho	122
Figura 58 - Seção IV - Rio Branco jusante.....	123
Figura 59 - Seção V - Rio Branco foz (baixo curso).....	124
Figura 60 - Sub-bacia do rio Bugres: contexto hidrogeológico e seções monitoradas	125
Figura 61 - Seção I - Rio Bugres alto curso	126
Figura 62 - Seção II - Rio Bugres médio curso	127
Figura 63 - Seção III rio Bugres (baixo curso)	127
Figura 64-Sub-bacia do rio Vermelho: contexto hidrogeológico e as seções monitoradas	129
Figura 65 - Seção I - Córrego Grande (alto curso)	130
Figura 66 -Seção II Rio Vermelho alto curso	130
Figura 67 - Seção IV - Rio Vermelho baixo curso.....	131
Figura 68-Sub-bacia rio Cabaçal médio curso: contexto hidrogeológico e as seções monitoradas	133
Figura 69 - Percurso que antecede a seção II	134
Figura 70 - Trecho entre a estação da ANA e a Seção IV	135
Figura 71 - Sub-bacia rio Cabaçal baixo curso: contexto hidrogeológico e seções monitoradas	136
Figura 72 - Seção III - Rio Cabaçal baixo curso (foz com rio Paraguai)	137
Figura 73 - Série histórica de vazão (m ³ /s)	139
Figura 74 - Vazão média do período de 1970 a 1988.....	139
Figura 75 - Vazão média anual (1992 a 2007).....	140
Figura 76 - Precipitação e vazão média por década.....	141
Figura 77 - Vazão média no período chuvoso	141
Figura 78 - Média de vazão e precipitação por década (período de chuvas)	142
Figura 79 - Vazões médias do período de estiagem	142
Figura 80 - Média por década (precipitação anual e vazão no período de estiagem)	143
Figura 81 – Bacia hidrográfica do rio Cabaçal: composição e unidades da paisagem	144
Figura 82 - Uso e cobertura da bacia hidrográfica do rio Cabaçal-MT	146
Figura 83 - Bacia hidrográfica do rio Cabaçal: distribuição das propriedades por classe	147
Figura 84 - Savana florestada com floresta de galeria	150

Figura 85 - Unidade I: Expansão de área de pastagem e eucalipto nas áreas de planalto.	151
Figura 86 - Unidade I: Síntese dos impactos na paisagem.....	152
Figura 87 - Unidade II: Padrão do relevo	155
Figura 88- Unidade II: Representação dos principais impactos	156
Figura 89 - Perfil topográfico.....	158
Figura 90 - Unidade III: Composição da vegetação remanescente	159

RESUMO

O estudo teve como objetivo realizar levantamento dos componentes ambientais, das características morfológicas e morfométricas e da dinâmica fluvial na bacia hidrográfica do rio Cabaçal para subsidiar ações de planejamento da bacia. A caracterização ambiental e a delimitação das unidades da paisagem foram realizadas por meio de levantamento bibliográfico e bases de dados oficial em arquivos *shp*, disponibilizada pelo Serviço Geológico Nacional, 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 dinâmica fluvial foi monitorada por meio da coleta e da análise de material e dados de 25 pontos distribuídos por seis sub-bacias que compõem a bacia hidrográfica do rio Cabaçal. A caracterização ambiental apresentou dezesseis unidades geológicas com destaque para as formações Utiriti, Rio Branco e Pantanal (fácies terraços aluvionares). O relevo é constituído por nove unidades, com predomínio do planalto dos Parecis, degraus estruturais/rebordos erosivos e terraços fluviais. O clima predominante é o tropical continental alternadamente úmido e seco das chapadas, planaltos e depressões, com precipitação média anual de 2100 milímetros no planalto a 1300 mm nas planícies. Os solos são constituídos por argissolos, cambissolos, latossolos, neossolos e nitossolos. Os componentes ambientais compõem três unidades: paisagem das terras altas, médias e baixas que possuem diferentes níveis de suscetibilidade e vulnerabilidade a erosão hídrica. Os dados da morfologia e da morfometria da bacia revelam que a bacia dispõe de formato alongado, alta densidade hidrográfica e de canais e amplitude altimétrica de 605 metros. A rede de drenagem de 8ª ordem evidencia alta capacidade de escoamento, padrão este também observado nas seis sub-bacias que a compõem, exceto a sub-bacia do rio Cabaçal médio curso e rio Branco, que apresentaram padrões que tendem ao formato mais arredondado, no entanto com alta densidade de drenagem. Os dados da dinâmica fluvial, obtidos a partir das sub-bacias, evidenciaram alto potencial de transporte de sedimentos, com predominância de areia do tipo fina em todas as sub-bacias. No conjunto da bacia, a Concentração de Sedimentos em Suspensão apresentou média de 182,8 mg/l¹ no período chuvoso e de 104,4 mg/l¹ na estiagem, transportando o total de 34.263,91 ton/dia no período chuvoso; na estiagem esse valor foi reduzido para 4.823,31 ton/dia. A vazão média foi de 79,04 m³/s no período chuvoso e de 20,60 m³/s na estiagem. Nas sub-bacias do rio Cabaçal alto curso e rio Branco, foram observados padrões distintos, seguindo a disposição dos sistemas de aquífero: no período chuvoso a sub-bacia do rio Branco (90% aquífero Fraturado), apresentou vazão de 117,75 m³/s, quase duas vezes superior ao rio Cabaçal (53% aquífero poroso) com vazão de 64,33 m³/s. Esta proporção se inverte na estiagem, quando o rio Branco apresenta vazão de 16,07 m³/s, quase duas vezes inferior a do rio Cabaçal, de 28,63 m³/s. Os dados da dinâmica fluvial e análise morfométrica das sub-bacias revelam influência dos aspectos ambientais e morfoestruturais no comportamento hidrológico da bacia, observado a partir do conjunto de sub-bacias que a integram. Tais informações compõem importante instrumento de planejamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, por possibilitar a compreensão do comportamento hidrológico e modelado morfométrico e morfoestrutural.

Palavras-chave: Bacia, rio Cabaçal, Morfometria, Morfologia, Dinâmica fluvial, Paisagem, suscetibilidade, vulnerabilidade, planejamento.

ABSTRACT

This study aimed to investigate the environmental components, the morphologic and morphometric characteristics, and the river dynamics of the hydrographic basin of Cabaçal river. The objective is to support the basin planning actions. The environmental characterization and the landscape unities delimitation was made through bibliographic search and consultation of official databases in *shp* files, supplied by the *Serviço Geológico Nacional* (National Geological Services), Mato Grosso State Planning Department, Imaflora and SOS Pantanal Institute. Data and morphologic and morphometric information were generated from INPE Topodata (database) of the MDE (Digital Elevation Model). The river dynamics was monitored with collection and analysis of material and data of 25 sites, distributed over six sub-basins, which comprise the hydrographic basin of Cabaçal. The environmental characterization presents sixteen geological unities, particularly Utiariti, Rio Branco and Pantanal unities (facies alluvial terraces). The relief has nine unities, with the predominance of Parecis plateau, structural steps/erosive margins, and fluvial terraces. The prevailing weather is continental tropical, alternatively humid and dry in the tablelands (chapadas), plateaus and depressions, with annual average rainfall between 2,100 mm (tablelands) and 1,300 mm (plains). The types of soils are: argisols, cambisols, latosols, neosols and nitosols. The grouping of the environmental characteristics comprises three units: high, medium and lowlands landscape, which have different levels of susceptibility and vulnerability to water erosion. The morphology and morphometry data of the basin reveals that the basin is elongated, has a high channel and hydrographic density and an altimetric range of 605 meters. The 8th order drainage evidence a high capacity of outflow, which can also be observed in its six sub-basins, except the sub-basin of short course Cabaçal river and Branco river, whose patterns tends to a round shape, despite their high density of drainage. The data for the rain dynamics, gathered from the sub-basins, showed the high potential of sediment transport, mainly fine sand in all the sub-basins analyzed. The entire basin presented concentration of suspended sediments: an average of 182.8 mg/l¹ during the rainy season and 104.4 mg/l¹ during the dry season, or a total of 34.263,91 ton/day during the rainy season. The rainy season presents a reduced amount of 4,823.31 ton/day. The average flow was 79.04 m³/s during the rainy season and 20.60 m³/s during the dry season. In the sub-basins of the long course Cabaçal and Branco rivers, different patterns were observed: during the rainy season, the sub-basin of Branco river (90% fractured aquifer) presented a higher flow than Cabaçal river (53% porous aquifer)— 117.75 m³/s, almost twice the volume, which was 64.33 m³/s. This proportion is inverted during the dry season, when Branco river has a flow of 16.07 m³/s, almost twice lower than the flow of Cabaçal river — 28.63 m³/s. The data of the rain dynamics and morphometric analysis of the sub-basins reveal the influence of the environmental and morphostructural aspects on the water behavior of the basin from the point of view of the environmental components of each of the sub-basins.

Keywords: Basin, Cabaçal river, Morphometry, Morphology, Rain dynamics, Landscape, Susceptibility, Vulnerability. Planning.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Consagradas como instrumento estratégico de planejamento regional, as bacias hidrográficas compreendem o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes (dispostos hierarquicamente), composto por divisores topográficos, cabeceiras e/ou nascentes, e de onde a água escoar dos pontos mais altos para os mais baixos. Isto confere dinamismo sistêmico ao conjunto, promovido pelas modificações que ocorrem nas linhas divisoras e em toda a rede de drenagem em decorrência da atuação dos agentes e processos erosivos (GUERRA e GUERRA, 2003, p. 76).

O estudo da dinâmica e da interação dos elementos ambientais (geologia, clima, relevo e solo) de uma bacia é fundamental ao planejamento e à gestão. 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 E ARAÚJO, 2013. p. 8).

Dada a diversidade de formas resultante da interação dos componentes ambientais, o estudo e o levantamento morfométrico de bacias hidrográficas constituem importante ferramenta de diagnóstico. Para Christofolletti (1980, p. 106), “esta técnica permite a visualização do conjunto de canais sob a ótica quantitativa, permitindo novas possibilidades metodológicas de análise”. Para Machado e Lobão, *et al* (2011, p. 1141), a técnica “objetiva estabelecer as relações entre os parâmetros mensuráveis de uma bacia hidrográfica e os seus condicionantes”.

Inseridos neste contexto, do modelado do relevo, estudos que abordam a dinâmica fluvial em bacias hidrográficas são considerados de extrema importância, pois investigam o funcionamento da rede de drenagem, permitindo a compreensão do comportamento hidrodinâmico e hidrossedimentológico dos canais fluviais e a respectiva intensidade e sazonalidade por meio do fluxo de vazão. Cavalcante e Cunha (2011) destacam ainda que a dinâmica fluvial de uma bacia hidrográfica reflete as inter-relações existentes entre os elementos ambientais e as formas de uso da terra.

Assim, uma política eficiente de gestão das águas envolve todas as entidades que integram a bacia, sob articulação do órgão público competente e da sociedade civil organizada (TUCCI 1997).

Os cruzamentos de dados ambientais favorecem a obtenção de diagnósticos capazes de evidenciar as limitações de uso e grau de degradação mediante estudos voltados a análise integrada dos elementos da paisagem por meio do uso de técnicas como levantamento e processamento de dados morfológicos, morfométricos e hidrossedimentológicos (LIMA e SILVA, 2015).

Nesta perspectiva, é relevante destacar os trabalhos internacionais, como os de Brabets e 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; a investigação da dinâmica fluvial e do regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio Paranapanema - Araújo (2011), e os trabalhos de Aher, Adinarayana e Gorantiwar (2014), voltados à quantificação, à caracterização morfométrica e à priorização de bacias hidrográficas para o planejamento gerencial nos trópicos semi-áridos da Índia, com uso de GIS.

Em termos nacionais, entre os trabalhos relacionados às mudanças morfológicas, ao processo de sedimentação e à hidrodinâmica destacam-se os estudos de Leandro e Souza (2012.), Souza (2004), Aquino (2007), Veiga, Santos, *et al.*, 2013), Brito, Asp, *et al.* (2009) e Cavalcante e Cunha (2011). Sobre os aspectos morfométricos, destacam-se, Arraes, Bueno e Pissarra (2010), Soares e Lopes *et al.* (2016), Salles (2010) e Silva e Souza (2015).

Sobre a dinâmica geo-ambiental, fluvial e morfológica relacionada ao uso da terra, nos domínios da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, destacam-se os seguintes trabalhos: Análise geo-ambiental multitemporal para fins de Planejamento Ambiental - Mirandola-Avelino (2006), Levantamentos fitogeográficos e pedológicos aplicados na Diagnose e prevenção dos processos erosivos nas sub-bacias dos córregos Dracena e Guanabara no município de Reserva do Cabaçal/MT - Figueiredo *et al.* (2009); Degradação dos solos por erosão hídrica, sob áreas de pastagem - Carvalho (2015); Dinâmica do uso da terra e as implicações na cobertura vegetal, na qualidade da água e no solo - Lorenzon (2016); Análise da cobertura vegetal e evolução do uso da terra nas cabeceiras dos rios Jauru e

Cabaçal - Félix e Padilha, et al. (2016); e Bacia hidrográfica do rio Branco, afluente da margem esquerda do rio Cabaçal-MT: morfopedologia, uso e ocupação da terra e sedimentação - Oliveira (2017).

Conforme referencial bibliográfico consultado sobre a bacia em questão e observações de campo, constata-se que a bacia dispõe de inúmeros problemas relacionados a desconformidade da relação do uso da terra e características ambientais, com recursos naturais apresentando sinais de esgotamento e desequilíbrio. Os sinais de desequilíbrio ambiental são visíveis mediante degradação observada no assoreamento de canais, arenização, voçorocas e erosão de margem, caracterizando o domínio da bacia como fonte de grande quantidade de sedimentos para o bioma pantanal.

Dentro deste contexto, o presente estudo tem por objetivo analisar as características ambientais e morfológicas, a morfometria e a dinâmica fluvial como subsídio para o planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Cabaçal, no intuito de identificar as correlações que apontam para maior grau de fragilidade e vulnerabilidade ambiental. Com esta finalidade, os objetivos específicos foram estabelecidos no sentido de:

- ✓ Caracterizar os elementos ambientais (clima, geologia, geomorfologia, pedologia).
- ✓ Realizar análise e classificação das unidades da paisagem da bacia
- ✓ Identificar e analisar os aspectos morfológicos e morfométricos da bacia hidrográfica;
- ✓ Verificar e analisar a dinâmica fluvial (vazão, morfologia da calha, transporte e deposição e sedimentos).

Neste sentido, a presente pesquisa busca contribuir com a compreensão dos processos e interações entre os elementos ambientais morfológicos, morfométricos e hidrossedimentares, associados ao uso da terra em suas sub-bacias. Isso foi realizado no intuito de possibilitar a identificação, a quantificação e a classificação das vulnerabilidades e suscetibilidades nos domínios da bacia hidrográfica como um todo, de forma detalhada e setorizada, visando subsidiar ações de planejamento dos recursos hídricos.

De acordo com as normas do Programa de pós-graduação, a dissertação foi estruturada em quatro capítulos, tendo como primeiro capítulo a introdução.

O segundo capítulo compõe a fundamentação teórica e conceitual; mediante fundamentos da paisagem, bacia hidrográfica; morfometria e morfologia de bacia; dinâmica fluvial e gestão de bacias.

O terceiro capítulo refere-se aos procedimentos metodológicos utilizados para a realização da pesquisa, bem como as técnicas utilizadas para obtenção dos resultados, usados por pesquisadores nacionais e internacionais.

O quarto capítulo trata da discussão dos resultados, apresentando a caracterização dos componentes ambientais (clima, geologia, geomorfologia e pedologia), as unidades da paisagem, a morfologia e a morfometria da bacia e das sub-bacias e dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do rio Cabaçal.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Paisagem: uma síntese das transformações socioambientais na superfície terrestre

De acordo com Conti (2014, p. 240) ao pertencer ao mesmo tempo ao “domínio das ciências da terra e das ciências humanas”, a geografia tem por natureza a premissa de compreender a relação entre a natureza e a sociedade. Para tanto, necessita de uma interpretação dinâmica da realidade, e para este fim privilegia três princípios básicos de análise: localização, descrição e comparação. Conti (2014) lembra que:

“Analisar os fatos geográficos de interesse para investigação chama a atenção para a forma como eles se manifestam no complexo geográfico que “se exprime, antes de tudo, na paisagem, formada uma e indissolúvelmente pelos elementos naturais e pelo trabalho dos homens, é, pois, a representação completa do complexo geográfico” (CONTI, 2014, p. 240)

Desta forma, a paisagem se apresenta como uma das categorias que dão base para a compreensão do espaço integral. Epistemologicamente o conceito de paisagem evoluiu a partir das percepções dos aspectos visíveis e sensíveis ao humano, dados no processo de observação e relação com o seu entorno (meio), abstraindo assim principalmente as influências da natureza sobre sua existência, em um processo relacional. Portanto a “concepção de paisagem transforma-se, as paisagens são criadas pelas pessoas através da sua experiência e pelo seu envolvimento com o mundo que as rodeia” (ALVES, 2001, p. 68).

“De uma perspectiva clássica, os geógrafos perceberam a paisagem como a expressão materializada das relações do homem com a natureza num espaço circunscrito. Para muitos, o limite da paisagem atrelava-se à possibilidade visual” (SUERTEGARAY, 2001, p. 6).

Considerando as primeiras definições do conceito de paisagem, podemos observar elementos que apontam para a noção de delimitação, amplitude e materialidade da superfície terrestre.

Dado o amadurecimento do conceito, Bertrand (2004, p. 141) afirma que a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos desiguais e descombinados, mas sim resultado da combinação dinâmica e instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos que se comportando dialeticamente uns com os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável em permanente evolução, dando assim forma ao espaço geográfico.

A noção de conjunto, como resultado da interação, também está presente nas considerações de Santos (1996, p. 83). Para o autor, paisagem é um “conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que apresentam as sucessivas relações dadas entre o homem e a natureza.

A paisagem deve ser assumida como um dos elementos centrais do sistema cultural, uma espécie de montagem ordenada de objectos (materiais e imateriais) que actua como um sistema de significados através do qual o sistema social é comunicado, reproduzido, experimentado e explorado (DUNCAN, 1988). apud (ALVES, 2001, p. 74)

A definição de paisagem evidencia a interação entre homem e natureza, em um processo relacional sobre uma determinada porção do espaço e atribui a este características e peculiaridades próprias, mediante a forma com que se dá a relação homem/natureza, evidenciando os aspectos de como esta se apresenta em uma dada porção do espaço. Portanto, “as paisagens são uma herança, um patrimônio coletivo dos povos que, historicamente, os modificaram ao longo do tempo e do espaço”. Ab´Sáber (2003) apud Conti (2014, p. 240).

Suertegaray (2001) traz uma definição de paisagem que dá conta de sua dinamicidade e complexidade como componentes fundamentais para a compreensão do espaço geográfico, afirmando que:

percebemos paisagem como um conceito operacional, ou seja, um conceito que nos permite analisar o espaço geográfico sob uma dimensão, qual seja o da conjunção de elementos naturais e tecnificados, socioeconômicos e culturais. Ao optarmos pela análise geográfica a partir do conceito de paisagem, poderemos concebê-la enquanto forma (formação) e funcionalidade (organização). Não necessariamente entendendo forma–funcionalidade como uma relação de causa e efeito, mas percebendo-a como um processo de constituição e reconstituição de formas na sua conjugação com a dinâmica social. Neste sentido, a paisagem pode ser

analisada como a materialização das condições sociais de existência diacrônica e sincronicamente. Nela poderão persistir elementos naturais, embora já transfigurados (ou natureza artificializada). O conceito de paisagem privilegia a coexistência de objetos e ações sociais na sua face econômica e cultural. (SUERTEGARAY , 2001, p. 7)

Reconhecer e entender a estruturação do conceito de paisagem como elemento-chave dos estudos espaciais permite ao pesquisador estabelecer limites e associações de processos geográficos (geologia, solo, relevo e ação humana etc.), fundamentais para a compreensão da realidade. Uma vez interpretada esta realidade, vislumbra-se um horizonte de possibilidades, voltado ao planejamento e à gestão com base na realidade observada, mensurada, diagnosticada e, por conseguinte, planejada.

Tendo em vista a dinâmica de forma, volume e conteúdo apresentados no espaço, a caracterização da paisagem apresenta-se de forma complexa. Neste sentido, Bertrand (2004) apresenta uma proposta de análise da paisagem considerando os elementos da sociedade e da natureza disponíveis em dado recorte espacial. Para tanto, estabelece classificação, combinações e sínteses como procedimentos analíticos, A classificação da paisagem considera uma delimitação mais ou menos esquemática, observando e agrupando as unidades homogêneas e hierarquizadas, que se encaixam umas nas outras. As combinações observam os agrupamentos de seres vivos, considerando composição e número de espécies e ou indivíduos em determinadas condições do meio. Por fim, as sínteses geográficas correspondem às “regiões naturais”, observando tanto conjuntos físicos, estruturais ou climáticos como domínios caracterizados pela sua vegetação”.

Nesta perspectiva, a análise da paisagem é feita de forma dinâmica e diversificada, considerando elementos que possibilitem seu estudo em escalas de tempo e dimensões micro e macro, que facilita a observação e investigação dos elementos naturais e sociais e suas inter-relações, oportunizando a visualização das interações da paisagem. Esta estrutura permite que sejam identificadas as fragilidades e as potencialidades do ambiente estudado.

Em um esforço de caráter metodológico que visa estabelecer as bases para a classificação das paisagens, Bertrand (2004) propõe três procedimentos para que se chegue a uma síntese taxionômica das paisagens. “1º) A delimitação não deve nunca ser considerada como um fim em si, mas somente como um meio de aproximação em relação

com a realidade geográfica, buscando identificar por meio de estudos, as descontinuidades da paisagem a fim de significá-la com o todo e suas interações. 2^o) é preciso renunciar às unidades sintéticas a partir das unidades elementares; não seria adequada a adoção de métodos analíticos do todo a fim de extrair uma síntese simplificada e artificial (sintética), ao contrário, é preciso procurar talhar diretamente a paisagem global tal qual ela se apresenta, assim como os fenômenos de interação e convergência aparecerão mais claramente. 3^o) O sistema taxonômico deve permitir classificar as paisagens em função da escala, isto é, situá-las na dupla perspectiva do tempo e do espaço”. (BERTRAND, 2004, p. 144).

Por fim, de posse dos procedimentos apontados, Bertrand (2004) estabelece seis níveis que carregam em si elementos de tempo e espaço, divididos em duas partes: a primeira, comportando a zona, o domínio e a região, e a segunda parte, o geossistema, o geofácies e o geotopo, onde:

1. “zona” deve ser imperativamente ligado ao conceito de zonalidade planetária, e então reservado aos conjuntos macro de fenômenos naturais do planeta, na realidade, a zona se define primeiramente pelo seu clima e seus “biomas”, ligados por certas megaestruturas.
2. O “domínio” corresponde a uma combinação de relevos montanhosos e de climas oceânicos ou biomas associados. A definição do domínio deve ficar suficientemente maleável para permitir reagrupamentos diferentes nos quais a hierarquia dos fatores pode não ser a mesma (domínio alpino, domínio atlântico europeu).
3. A região natural representa a associação de características geográficas próprias de um determinado espaço ou ainda uma região natural bem circunscrita que corresponde à individualização de um ambiente natural. (BERTRAND, 2004, p. 34)

Tendo por base os elementos de investigação da paisagem, e considerando toda a complexidade resultante da combinação dos fenômenos naturais (relevo, clima, vegetação, hidrografia etc.) e sociais (ação humana), pode-se ter uma compreensão do todo, uma vez que:

“Toda coletividade humana projeta-se sobre uma porção do espaço terrestre, a qual, sob diversas formas, serve de suporte às suas atividades. Essa parcela do espaço comporta, de facto, uma estratificação de vários espaços, qualificados segundo a natureza de suas relações com as atividades e formas de existência dos grupos considerados. (GEORGE, 1966,) apud (CONTI, 2014, p. 241)

Esta compreensão do todo, a partir das partes, mediante uso dos procedimentos de análise da paisagem, possibilita assim a visualização da “estratificação de diversos espaços” que servem de suporte para as atividades humanas, uma vez que estes espaços (paisagens) estão expostos a processos complexos, muitas das vezes de origem, externa, interferindo diretamente na dinâmica e processos das paisagens locais.

Sobre este aspecto da produção/reprodução e alteração das paisagens, Alves (2001, p. 71) alerta que a produção das paisagens está cada vez mais “condicionada a interesses estranhos às regiões, o que conduz à produção de paisagens diferentes das do passado”, portanto:

Torna-se, deste modo, necessário pensar na transformação da paisagem em termos de processos em evolução e não apenas em termos de conservação. Para tal, é fundamental compreender os mecanismos sociais e económicos que fazem evoluir a paisagem e, com base neste conhecimento, desenvolver um outro modo de planear e gerir o conjunto dos fenómenos que conduzem à produção da paisagem. [...] o modelo de desenvolvimento dominante promoveu a construção de um mundo cada vez mais agressivo. (ALVES, 2001, p. 73)

Portanto, é necessário estabelecer critérios que possibilitem a determinação de limites de um sistema territorial, “partindo-se das relações dos elementos físicos entre si e desses elementos com os elementos socioeconômicos”. (FERREIRA, 2010, p. 200)

Este “recorte” de análise têmporo-espacial (paisagem) que permite a delimitação para fins de estudos voltados ao planejamento, pode ser representada pelas bacias hidrográficas, uma vez que estas já se consagraram com unidades de planejamento e gestão do território, como ponderam LIMA e PONTE (2009).

Tendo identificado os componentes e suas interações, considerando os fatores abióticos e bióticos; parte-se para a compreensão de seu funcionamento integrado às ações que se desenvolvem na bacia hidrográfica, sob a perspectiva dela como espaço de interações socioeconômicas, de caráter desenvolvimentista, e de expansão de novas tecnologias, ou seja, como unidade básica do planejamento. (LIMA e PONTE, 2009, p. 321)

Nesta perspectiva da análise integrada da paisagem, sendo ela compreendida a partir das partes, que permitem a compreensão do todo, tem-se novamente a totalidade

do espaço, compreendido a partir da somatória e das inter-relações de suas partes ou unidades de paisagem. Neste contexto, a bacia hidrográfica também se caracteriza como unidade primordial da análise, pois permite a compreensão das interações em sua plenitude, considerando que a bacia se configura como uma unidade da paisagem naturalmente delimitada, ocupada e transformada ao longo do tempo.

Deste modo, o “sistema bacia hidrográfica passa a ser composto de subsistemas individualizados a partir de um conjunto de fatores que caracterizam dinâmicas ou paisagens distintas. (LIMA e PONTE, 2009, p. 321)

2.2. Bacias hidrográficas: abordagem integrada para planejamento ambiental.

. Para Guerra e Guerra (2003) a bacia hidrográfica pode ser definida como:

o Conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. [...]. A noção de bacia hidrográfica obriga naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes etc. Em todas as bacias hidrográficas deve existir uma hierarquização na rede, e a água se escoia normalmente dos pontos mais altos para os mais baixos [...]. O conceito de bacia hidrográfica deve incluir também uma noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisoras de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia. (GUERRA e GUERRA , 2003, p. 76)

A conceituação de Guerra e Guerra (2003) demonstra o caráter dinâmico e geográfico das bacias hidrográficas, comportando em si aspectos topográficos, climáticos, geológicos e pedológicos. Christofolletti define bacia hidrográfica como sendo “conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia de drenagem” (CHRISTOFOLLETTI, 1980, p. 102). Esses canais são hierarquizados segundo os critérios de Strahler (1952), sendo a hierarquização dada a partir dos canais de primeira ordem (Canais de Nascentes) — os que não recebem tributários. Os canais de segunda ordem se formam a partir da confluência de dois canais de primeira ordem. Os de terceira ordem se formam a partir da confluência de dois canais de segunda e assim sucessivamente, podendo ainda cada canal receber afluentes de ordens inferiores.

A dinâmica geofísica das bacias apresenta um recorte topográfico ou geomorfológico que a delimita diversificadamente, denominado de divisor de águas,

interflúvios ou cabeceiras de drenagem. Guerra e Guerra (2003) definem divisor de águas como sendo “linha separadora de águas pluviais, (Linha de Cumeada), isto é, divisores formados por topografia elevada; contudo um divisor de águas não é sempre constituído por elevadas cristas. Como exemplo, podemos citar alguns divisores do planalto central que são suaves convexidades, quase imperceptíveis, na delimitação de linhas de drenagem. Além do componente divisório, as bacias hidrográficas são compostas por uma complexa rede de canais fluviais que compõem sua rede de drenagem. A disposição espacial destes, por sua vez, apresenta padrões na distribuição espaço-dimensional da área da bacia.

As bacias hidrográficas apresentam grande variabilidade de formas dependendo dos fatores geográficos atuantes (geologia, relevo, clima, solo), que influenciam e determinam o padrão de drenagem. Assim como os demais elementos que constituem a bacia, a rede de drenagem passa a integrar-se como um agente modelador do relevo, como bem descreve Christofolletti (1980):

Os estudos relacionados com as drenagens fluviais sempre possuem relevância na Geomorfologia, e a análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão e a elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos de água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre. (CHRISTOFOLLETTI , 1980, p. 103)

A compreensão dessa dinâmica é elemento fundamental ao detalhamento dos processos físicos atuantes no conjunto da bacia, permitindo a identificação e o dimensionamento temporoespacial dos fenômenos por meio do detalhamento descritivo, quantitativo e qualitativo que possibilita a prognose a ser considerada nos processos de planejamento e gestão.

Com a consolidação dos estudos sistêmicos, aplicado às bacias, hidrográficas, as ações antrópicas passam a ser consideradas agentes ativos na construção da paisagem, como destaca Nascimento e Villaça (2008), argumentando que as bacias hidrográficas:

São unidades espaciais de fácil reconhecimento assim como de fácil caracterização, considerando que não há nenhuma área da superfície terrestre que não esteja inserida em uma bacia hidrográfica, sendo possível avaliar as ações humanas que atuam modificando o equilíbrio existente.

A bacia hidrográfica pode ainda ser considerada um sistema aberto, recebendo energia dos processos do clima e das forças tectônicas e gravitacionais, e perde energia com a saída de água, sedimento e nutrientes de seu perímetro. Perturbações impostas a esse sistema, mesmo que de baixo impacto, provocariam desequilíbrio (SOUZA, 2013, p. 227). Nota-se, portanto, a fragilidade do equilíbrio, dependendo do seu limiar e da estabilidade dos processos de retroalimentação existentes na bacia. Tais processos de estabilidade estariam condicionados à ação deliberada de planejamento, assegurados por meio de políticas públicas.

Tendo reconhecido o papel da ação humana, no equilíbrio e estabilidade dos sistemas que compõem a bacia hidrográfica, está se consolida como instrumento de planejamento. Tonello (2005) afirma que a bacia hidrográfica deve ser considerada como unidade básica de planejamento, tendo como fator primordial a preservação dos recursos hídricos, numa perspectiva integrada. Conforme aponta Carvalho (2014), a abordagem sistêmica cria as bases para o desenvolvimento de estratégias voltadas ao planejamento, uma vez que considera os elementos dispostos na paisagem de forma integrada, significando a relação causa e efeito.

Depreende-se da concepção sistêmica que a água não deve ser gerida sem considerar suas estreitas inter-relações com os outros componentes do meio, como, por exemplo, os solos, a vegetação, o relevo e com a ação antrópica que altera as condições de funcionamento dos sistemas naturais, produzindo mudanças que podem afetar diretamente a qualidade e quantidade de água disponível em uma bacia. (CARVALHO, 2014, p. 28)

A incorporação dos princípios sistêmicos à gestão dos recursos hídricos por meio da política de planejamento e gestão por bacias hidrográficas ocorreu de forma incisiva e institucionalizada com a publicação da Lei 9.433, que especifica em seu artigo V que “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da política nacional de recursos Hídricos e a atuação do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos” (BRASIL, 1997). Tal lei assegura ainda que as decisões pertinentes a uma bacia hidrográfica serão tomadas no âmbito do Comitê de Bacia, que conta com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades. Sobre o planejamento e gestão dos recursos hídricos, Tucci (1997) alerta para a forma como o procedimento ocorre.

Na definição de uma política de gestão das águas, devem participar todas as entidades com intervenção nos problemas da água. Todavia, a responsabilidade pela execução desta política deve competir a um único órgão que coordene, em todos os níveis, a atuação daquelas entidades em relação aos problemas da água. Sendo múltiplos os usos da água, diversas entidades deverão participar de sua gestão. A articulação e a harmonização dos diferentes interesses deve ser de responsabilidade de um organismo único, viabilizando a necessária coordenação, em todos os níveis, de decisão existente. Este organismo tem sido projetado na forma de Conselhos Nacionais ou Estaduais de Recursos Hídricos, que reúnem representantes de ministérios e secretarias estaduais relacionados com a água e seus usuários. (TUCCI, 1997, p. 751).

Assim, a estrutura que gerencia os sistemas é compartilhada, envolvendo os atores gerenciadores do território e as populações pertencentes ao lugar (e suas territorialidades), provendo uma troca de experiência e apresentação de interesses divergentes, a serem mitigados na relação dialógica dos espaços democráticos do gerenciamento das bacias hidrográficas via comitês.

Para tanto, os sistemas de planejamento de bacias hidrográficas devem dispor de suporte técnico-científico baseado no conhecimento da estrutura ambiental e na compreensão dos processos e fatores que intervêm sobre a unidade de gerenciamento. A formulação destes modelos conceituais permite coordenar a obtenção de informações e organizar as ações de gestão ambiental e econômico-social da área sob intervenção. (PIRES, SANTOS e DEL PRETTE, 2002., p. 22,23)

Portanto, Pires Santos e Del Prette (2002) apontam para a necessidade de os comitês se apropriarem de conhecimento técnico e científico que subsidie as ações a serem tomadas no sentido de melhor gerenciamento dos recursos hídricos e naturais na bacia. Somando-se a este conceito, Cunha e Coelho, (2015) incorporam a visão sociopolítica dos instrumentos de gestão em bacias hidrográficas, pontuando que:

A bacia é uma realidade física, mas é também um conceito socialmente construído. Passa a ser um campo de ação política, de partilha de responsabilidade e de tomada de decisões. Problemas como desmatamento, mudanças microclimáticas, contaminação dos rios, erosão, enchentes e tensões físico-sociais de natureza diversa impuseram a necessidade de cooperação entre diferentes esferas administrativas, levando à constituição de um novo arranjo institucional cristalizado na forma de comitês de bacia. (CUNHA e COELHO, 2015, p. 70).

Sobre este espaço uno (unidade hidro-morfológica) e múltiplo, baseado em interesses, Cunha e Coelho (2015) apontam para uma definição que agrava esta diversidade na integração de sistemas naturais e sociais, que operam em interesses diversos, mas que convergem para um único objetivo, afirmando que a definição de bacia hidrográfica como unidade geográfica torna-se pertinente para atender a objetivos propostos por organizações institucionais emergentes, não limitando-se apenas em um reconhecimento do peso da dimensão ecológica, mas também das dimensões sociais, culturais e políticas na compreensão da complexidade dos processos ambientais envolvidos.

O modelo de gestão das bacias hidrográficas, adotado na legislação brasileira, é baseado nos pressupostos do comanejo e da descentralização das tomadas de decisão. Nesse sentido, os comitês de bacia e as agências de água representam (re) arranjos institucionais com o objetivo de conciliar Interesses diversos e muitas vezes antagônicos, assim como controlar conflitos e repartir responsabilidades. (CUNHA e COELHO, 2015, p. 71)

2.3 Dinâmica fluvial: mecanismo de diagnóstico e processos associados

A concepção (social, política econômica e cultural) no sentido de estabelecer ações para tomada de decisões no âmbito do planejamento se torna possível mediante alguns estudos como a dinâmica fluvial, que permite estabelecer a relação entre os tipos de uso e processos atuantes no perímetro da bacia hidrográfica e correlacioná-los aos processos ativos na planície de inundação. Todo este processo permite estabelecer ações de planejamento baseadas em diagnósticos e prognósticos da bacia hidrográfica. (AQUINO 2007). Bem como a análise dos processos relacionados à estrutura do sistema hidrológico; considerando os elementos externos à, e os elementos presentes na rede de drenagem, em especial os relacionados ao processo da dinâmica sedimentológica (SOUZA, 2013, p. 229).

De acordo com Christofletti (1979, p. 38) “o fluxo e o material sedimentar são os dois componentes fundamentais da estruturação do canal fluvial”, sendo, portanto, inconcebível a aplicação e o desenvolvimento de programas de gestão em recursos hídricos que não contemplem análises sedimentológicas.

Para Schumm (1977) *apud* Souza (2013, p. 230), ao se imaginar a zona fonte de sedimentos, deve-se ter como elemento central a evolução erosiva de uma determinada paisagem ou elemento que a compõe, considerando a forma com que essa paisagem responde a perturbações no sistema. “Ao analisar a rede de transporte, deve-se dar ênfase ao estudo das características dos rios, seu comportamento, e a relação estabilidade/instabilidade e as respostas relacionadas” a cada tipo e intensidade das perturbações imposta ao sistema/paisagem.

Portanto as zonas fontes de sedimentos corresponderiam a toda área potencialmente erodível, observando-se os níveis de suscetibilidade à ação de agentes intempéricos, naturalmente estabelecida sobre rede de drenagens, que procede à remobilização do material sedimentar via transporte fluvial. “Contudo, é necessário ter em mente que o transporte é realizado em todo o sistema; a ênfase na rede de drenagem dá-se pelo maior volume de transporte a partir da rede de drenagem” (SOUZA, 2013, p. 230).

Souza (2013 p. 230) destaca ainda que, para estudar o sistema fluvial, deve-se levar em consideração a uniformidade dos processos, limiares de mudança, evolução da paisagem e as respostas complexas. A uniformidade dos processos corresponde à permanência das leis físicas no espaço e no tempo, o limiar de mudança e o nível de energia necessário para desencadear alterações no sistema. A evolução da paisagem está relacionada com o estado atual da paisagem e alterações sofridas ao longo do tempo (tempo geológico ou tempo humano); por sua vez, as respostas complexas estariam relacionadas aos ajustes do sistema às mudanças e às inúmeras variáveis envolvidas no processo.

Brierley (2008, p. 19) destaca que a dinâmica dos rios é influenciada pela combinação de processos geomórficos correlacionados ao tipo de regime fluvial, tipo e intensidade do fluxo dos canais e vegetação associada ao balanço sedimentológico. A associação destes fatores poderá modificar a distribuição das forças e o fluxo de energia e matéria dentro do sistema fluvial, determinando assim as características e a disposição dos elementos presentes nesse sistema. Considerando a dinâmica de ocupação e uso da terra, bem como os impactos na dinâmica hidrossedimentológica, Chistofolletti (1981, p. 20) afirma que:

“Qualquer programa de planejamento regional, urbano ou agrícola envolve aspectos ligados com a sedimentação fluvial. Muitas atividades humanas

podem aumentar ou diminuir a quantidade de água escoada superficialmente, tendo consequências no regime fluvial e na intensidade das cheias. Para se controlar os problemas relacionados à sedimentação é preciso agir na rede dos canais de escoamento e no fluxo das águas sobre as vertentes. Um conhecimento amplo sobre variados mecanismos sobre a sedimentação fluvial torna-se necessário para que se possa prever, com possibilidade de êxito, o que acontecerá caso sejam modificadas as condições naturais do sistema ecológico reinante na bacia hidrográfica”.

A partir da evolução dos corpos hídricos, a dinâmica fluvial compreende um conjunto de variáveis que estabelecem o tipo e a intensidade de seu movimento, capazes de modificar o relevo. Christofolletti (1980, p. 72) ressalta que “é preciso distinguir entre o transporte, erosão e deposição do material detrítico”. Esses fatores atuam de forma constante e correlata, resultando em processos morfogenéticos específicos, produtos das particularidades geológicas, morfológicas, pedológicas e climáticas de cada porção da superfície terrestre.

A erosão fluvial consiste na remoção do solo das margens de rios ou transporte de sedimentos ao longo do fundo do canal. Esta erosão deve ser considerada separadamente dos tipos de erosão associados à chuva, pois uma certa quantidade de variáveis hidrológicas, hidráulicas e geomorfológicas governam o comportamento dos sistemas fluviais; variáveis estas que estão em equilíbrio dinâmico umas com as outras. Seu desequilíbrio implica no desencadeamento de processos de degradação (ARAÚJO, ALMEIDA e GUERRA, 2005, p. 90,91). Elorza (2008) destaca ainda que canais fluviais podem apresentar processos erosivos verticais e laterais, observando que:

A erosão vertical, no fundo do canal fluvial, ocorre com a movimentação de partículas de areia e cascalho. A erosão vertical acontece quando a carga desgasta o leito. A erosão lateral manifesta-se quando as paredes do canal se desgastam, normalmente pela escavação que sofrem, o que provoca deslizamentos em blocos das paredes dos canais. Ocorrendo de forma contínua, a erosão lateral provoca o alargamento do canal, e a erosão vertical, o aumento da incisão/entalhamento do leito. (ELORZA, 2008, p. 288)

O transporte do material erodido ocorre segundo o princípio dinâmico predominante em cada sistema fluvial. Todo o material erodido é transportado e gradativamente depositado nas zonas de deposição.

Os cursos d'água, em função de sua capacidade natural de transportar sedimentos, podem ser considerados um dos principais agentes de esculturação do modelado na superfície terrestre. O transporte fluvial reflete as características erosivas das vertentes e os processos hidrodinâmicos de erosão/deposição no canal, sendo este transporte também o responsável pelo retrabalhamento da calha fluvial e da morfologia de fundo. (MARTINS , 2004, p. 18)

Portanto o processo de transporte do material sedimentado estará condicionado à força da gravidade e a natureza do material particulado. Para Elorza (2008), partículas com certa de 2 cm ou com peso inferior a 10 gramas têm mais ou menos a mesma característica de mobilidade (susceptibilidade de transporte) e normalmente são depositadas em estruturas abertas, inundáveis; por vez, as partículas maiores de até 6 cm são depositadas em estruturas sobrepostas em camadas.

Para Guerra e Guerra (2003, p.189), a deposição de sedimentos é o processo de sedimentação de detritos orgânicos e inorgânicos que ocorre na medida em que o agente transportador não tem mais energia para transportar uma carga de sedimentos. Como, por exemplo, a ruptura de declive nas vertentes ou nos cursos d'água. A estiagem prolongada e/ou a intermitência dos rios podem gerar grandes depósitos sedimentares, sendo, portanto, os depósitos fluviais o cúmulo de material sedimentado transportado pelos canais fluviais.

Riccomini, Giannini e Mancini (2003, p. 173) caracterizam deposição como processo que ocorre preferencialmente em algumas porções da planície litorânea e em grande parte do oceano, embora possam existir pequenos depósitos temporários denominados por Suguio (2003) de "níveis de base locais" caracterizados por depósitos sedimentares situados na rede de drenagem e que descem a escarpa ou regiões de topografia elevada (zonas fontes de sedimentos).

"O processo de sedimentação inicia-se quando a força transportadora, em geral devida à onipresente gravidade, é sobrepujada pelo peso das partículas (sedimentos clásticos ou detríticos) ou quando a água se torna supersaturada em solutos (sedimentos químicos) ou, ainda, pela atividade ou morte de organismos (orgânicos ou bioquímicos)". (SUGUIO 2003, p. 37)

Christofolletti (1980, p. 74) destaca que deposição da carga sedimentar transportada pelos rios ocorre quando há a diminuição da competência ou capacidade

fluvial, o que pode se dar por meio da queda dos declives, redução do volume ou pelo aumento da granulometria do material detrítico. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 74).

Para Riccomini et al (2003, p. 211), planície de inundação é a área relativamente plana adjacente a um rio, coberta por água nas épocas de enchente, e bacia de inundação, as áreas baixas desta planície, constantemente inundadas de forma alongada, onde predominam processos de suspensão, formando coberturas centimétricas silto-argilosas uniformemente laminadas, com cobertura vegetal, podendo formar significativos depósitos de restos vegetais e horizontes de solos, além de outras feições como bioturbações.

Os diques marginais são por sua vez saliências alongadas compostas de sedimentos bordejando os canais fluviais, que são mais elevados e em cuja direção formam-se margens altas e íngremes, a partir da invasão da planície de inundação, decorrente do extravasamento das águas do canal e da redução da velocidade de transporte, depositando um leque de areias finas próximo às margens. Por ser uma feição elevada na planície de inundação, frequentemente é coberta por vegetação, podendo preservar marcas de raízes, paleossolos e gretas de fragmentos orgânicos (RICCOMINI, GIANNINI e MANCINI, 2003).

As bacias de inundação são as partes mais baixas da planície, pouco drenadas e planas, sem movimentação topográfica, geralmente localizadas nas adjacências das faixas aluviais dos canais meândricos ativos ou abandonados. Estas formações atuam como áreas de decantação nas quais os sedimentos finos em suspensão carregados nas fases de transbordamento se depositam, depois que os detritos mais grosseiros se depositem nos diques e nos depósitos de recobrimento, em um processo de acumulação contínuo e de longa duração (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 78).

2.4. Análise morfológica e morfométrica de bacias hidrográficas

Nas últimas décadas, as bacias hidrográficas se consolidaram como instrumento estratégico voltado ao planejamento territorial, consolidando assim a caracterização morfométrica como um procedimento prioritário voltado à análise dos padrões hidrológicos e ambientais, com vistas à compreensão da dinâmica ambiental local e regional. Tais informações geradas a partir da compilação dos dados morfométricos

podem subsidiar o processo de planejamento dos recursos hídricos integrados às unidades de gerenciamento territorial (SOARES, LOPES, *et al.*, 2016, p. 83).

De acordo com Christofolletti (1980, p. 106), os estudos morfométricos foram aprimorados pelo engenheiro hidráulico Robert E. Horton sobre influência de Artur N. Stralher, ao relacionar e interpretar rios e bacias hidrográficas como um conjunto dinâmico e interdependente, que traduzidos em padrões matemáticos, possibilitam o desenvolvimento de metodologias de análise sistêmica do conjunto.

Para Machado e Lobão, *et al.* (2011, p. 1141), “análise morfométrica objetiva estabelecer as relações entre os parâmetros mensuráveis de uma bacia hidrográfica e os seus condicionantes”. Este padrão matemático reflete o modelado do relevo (expressão e configuração espacial), e a expressão real do conjunto das vertentes e canais que compõem o relevo (SALLES, 2010).

Considerando a relação relevo e rede de drenagem, o levantamento dos parâmetros morfométricos demanda cálculo das seguintes variáveis ambientais: “forma (área, perímetro, coeficiente de compacidade), relevo (altitude mínima, máxima e média, declividade mínima, máxima e média) e drenagem (comprimento total dos canais e densidade de drenagem)” (FREIRE, LAGE e CHRISTÓFARO, 2013, p. 5445). Observam-se, portanto, os aspectos fisiográficos da paisagem que passam a ser mensurados para obtenção de padrões numéricos, posteriormente organizados em modelos que indicarão se o ambiente está ou não propenso a inundações e a capacidade de transporte hidrossedimentar de cada seguimento estudado.

Conforme SALLES, (2010) *apud* Horton (1945), as leis que embasaram os estudos morfométricos de bacias hidrográficas podem ser classificadas em:

- lei do número de canais - relação entre o número de canais de uma dada ordem (n) e o número de canais de ordem imediatamente superior ($n + 1$);
- lei do comprimento de canais - o comprimento médio dos canais de cada ordem forma uma progressão geométrica cujo primeiro termo é o comprimento médio dos segmentos de primeira ordem e tem por razão uma relação de comprimento constante;
- lei de declividade de canais - observa-se relação geometricamente inversa entre a declividade média dos canais de uma dada ordem e a dos canais de ordem imediatamente superior, na qual o primeiro termo é a declividade média dos canais de primeira ordem, e a razão é a relação entre os gradientes dos canais;
- lei da área da bacia de canais - as áreas médias das bacias de segmentos de canais de ordem sucessivas tendem a formar uma progressão

geométrica cujo primeiro termo é a área média das bacias de primeira ordem e a razão de incremento constante é a taxa de crescimento de área. (SALLES, 2010, p. 5,6).

Observando a estrutura dos parâmetros, Salles (2010) afirma que eles são classificados em três classes: lineares (ligados à rede de drenagem e seu arranjo espacial na bacia), zonais (referentes à rede de drenagem e seu arranjo espacial em relação à área da bacia) e hipsométricos (associados aos aspectos tridimensionais da bacia).

Desta forma a análise morfométrica contribui para a identificação de potencialidades e fragilidades nas bacias hidrográficas, principalmente por facilitar a associação com outros procedimentos metodológicos de investigação ambiental, como bem destaca Soares, Lopes, *et al.* (2016) ao ressaltar que:

Abordagens que integrem informações obtidas nos cálculos dos índices morfométricos são essenciais no processo de planejamento. A utilização das informações geradas pode subsidiar a delimitação de estratégias de gerenciamento ambiental, uma vez que apresentam diversas possibilidades de integração com a dinâmica de uso e cobertura do solo, qualidade de água, potencial erosivo, exploração de recursos ambientais e dinâmica socioeconômica de determinada área, oferecendo suporte ao processo de planejamento ambiental integrado das bacias hidrográficas em análise. (SOARES, LOPES, *et al.*, 2016, p. 83)

Soares, Lopes, *et al.* (2016 p 83) apud Aher et al. (2014), concluem que a abordagem morfométrica “é essencial para solucionar questões-chave da unidade territorial em análise, sendo possível priorizar as áreas de intervenção e indicar as medidas de conservação do solo e dos recursos hídricos”

CAPÍTULO III

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

Localizada entre latitudes 15°0'0" a 16°0'0" S e longitude entre 57°45'0" a 58°30'0" W (figura 01), a bacia hidrográfica do rio Cabaçal encontra-se na região Sudoeste do estado de Mato Grosso e percorre dez municípios (tabela 1), desaguando na margem direita do rio Paraguai no município de Cáceres. Considerando os dez municípios, a bacia comporta uma população estimada em 201.587 habitantes (IBGE, 2013), cuja atividade econômica de base é a agropecuária (LORENZON, PAIVA, et al., 2014, p. 417,418).

Tabela 1-Bacia hidrográfica do rio Cabaçal: percentual de área por município

Nº	Município	Área -Km ²	% de Área
1	Araputanga	848,43	14,97
2	Barra do Bugres	356,84	6,30
3	Cáceres	310,66	5,48
4	Curvelândia	221,40	3,91
5	Lambari D'Oeste	614,90	10,85
6	Mirassol D'Oeste	377,71	6,67
7	São José dos Quatro Marcos	463,37	8,18
8	Reserva do Cabaçal	739,90	13,06
9	Rio Branco	562,84	9,93
10	Salto do Céu	1.170,66	20,66
Total		5.666,71	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE (2016)

Conforme ANA (2006), a bacia hidrográfica do Cabaçal está contida na grande região de planejamento do rio Paraguai, fato que a torna uma das principais bacias do sistema ambiental da bacia do alto Paraguai (BAP), que possui uma extensão de aproximadamente 496.000 km² (MIRANDOLA-AVELINO, 2006). Os aspectos geológicos predominantes, segundo RADAMBRASIL (1982), são “marcados pelas formações geológicas datadas do Pré-Cambriano inferior (Complexo Xingu), do Pré-Cambriano Superior ao Cenozóico (Grupo Alto Paraguai), Mesozóico-Cretácio/Terciário (Grupo Parecis) e Quaternário (aluviões atuais e antigos).”

De acordo com SEPLAN-MT (2001) a bacia está contextualizada sobre o clima tropical continental alternadamente úmido e seco das chapadas, planaltos e depressões, como ocorrência de outras seis subunidades climáticas distribuídas entre os alto a baixo

curso da bacia, onde a precipitação média anual pode variar de 2100 milímetros no alto curso a 1300 mm no baixo.

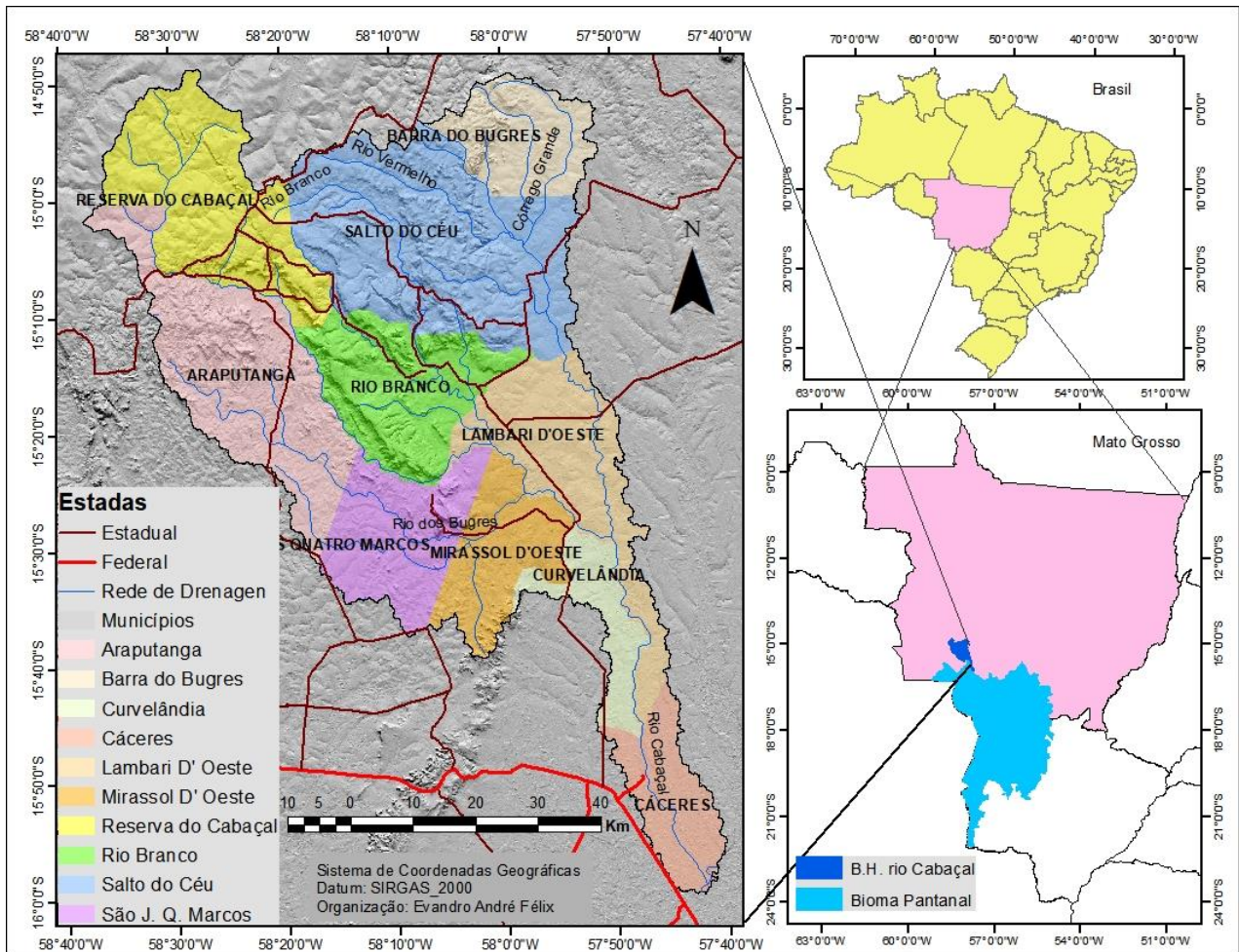


Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Cabaçal. Fonte (IBGE 2016)

Os levantamentos realizados pela SEPLAN-MT (2001) apontam ainda para a ocorrência das seguintes tipologias de solo: Argissolos, Cambissolos, Latossolos, Neossolos (Litólicos, Quartzarênicos e Flúvicos) e Nitossolo.

As unidades geomorfológicas da bacia são caracterizadas pelo planalto dos Parecis, degraus estruturais e rebordos erosivos do planalto dos Parecis compondo o compartimento das terras de altitudes mais elevadas. Domínio de colinas dissecadas e morros baixos; domínio de colinas amplas e suaves e domínio de morros e serras baixas, integrando as terras médias e as superfícies aplainadas retocadas ou degradadas; terraços fluviais e planícies fluviais ou flúvio-lacustres, compondo os domínios das terras de altitudes mais baixas (CPRM, 2004).

Nestes domínios ocorreram ciclos que repercutiram nos modos distintos de perceber a paisagem. A primeira fase remete à ocupação pelos povos indígenas — o período compreendido entre o final do século XIX e início do século XX— e marcado pela ocupação voltada à extração da poaia. Tal prática provocou a devastação das “matas de Poaia” na região situada nas bordas da chapada dos Parecis, entre os rios Sepotuba, Cabaçal e Jauru (FIGUEIREDO, RIBEIRO e TOCANTINS, 2009).

A construção de rodovias atraiu imigrantes dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Estabeleceram-se próximo aos vales dos rios Sepotuba, Branco, Cabaçal e Jauru, fazendo surgir povoados e cidades, com o incentivo de programas governamentais voltados à ocupação dos “vazios demográficos”. Em 1963, deu-se início à distribuição de terras na colonização Rio Branco, nas proximidades dos vilarejos de Panorama e Lambari. Em 1965 foram emitidos os primeiros títulos definitivos pelo Departamento de Terras e Colonização (DTC) e pela Comissão de Planejamento da Produção (CPP). (PEREIRA, 2008), (SZUBRIS, 2014).

No início, a economia fora centrada nas culturas de subsistência e do café, associadas aos cultivos de arroz, feijão, banana, mandioca e pecuária. Em seguida foram incorporados os ciclos do algodão. Por volta da década de 1990, a região consolidou a pecuária leiteira e de corte como a principal atividade econômica. (MIRANDOLA-AVELINO, 2006).

Os dados obtidos por Carvalho (2015) evidenciam a fragilidade ambiental da bacia mediante as classes de solo, sendo seu uso condicionado a rigoroso manejo. Lorenzon, Paiva et al (2014, p. 422-423) constataram que as Áreas de Preservação Permanentes (APPs) da bacia têm apresentado perdas da cobertura vegetal, comprometendo a conservação dos corpos hídricos, estando em desacordo com o estabelecido pela Lei. 12.651 de 25 de maio de 2012. Nas áreas de APPs predomina o uso da terra (Pecuária), em vez de vegetação, colocando em risco o equilíbrio dessa unidade ambiental. A degradação das APPs e das nascentes coloca em risco o bioma e a planície do Pantanal, ao afetar a dinâmica hídrica regional, interferindo no pulso de inundação.

O cenário ambiental, evidenciado na relação de uso da terra, é altamente impactante, expondo grande parte da bacia à erosão hídrica relacionada ao tipo de uso da terra, potencializada pela degradação das APPs. Seções

3.2. Procedimentos metodológicos

O desenvolvimento da pesquisa, contou com três etapas correlacionadas, sendo a primeira etapa caracterizada pelo trabalho de gabinete com levantamento bibliográfico e base cartográfica; a segunda etapa trata do trabalho de campo onde foram levantados os dados hidrodinâmicos e sedimentológicos e ambientais; e a terceira etapa são as atividades laboratoriais (análise de água e sedimento).

3.2.1. Trabalho de gabinete

Nesta fase da pesquisa, foi construído o referencial teórico e a base cartográfica, possibilitando o levantamento e a análise dos parâmetros morfométricos e morfológicos da bacia, bem como o cálculo das variáveis hidrodinâmicas e sedimentológicas das seções estabelecidas nas sub bacias. No transcorrer desta pesquisa, almejando atender aos objetivos propostos, foram reunidos e sistematizados conteúdos de livros, artigos, dissertações, teses, manuais técnicos e mapa, relacionados a categoria paisagem, bacias hidrográficas, planejamento e gestão de bacias, dinâmica fluvial, morfologia, morfometria e produções científicas relacionadas à bacia hidrográfica do rio Cabaçal.

A aquisição das bases de dados e MDE (Modelo Digital de Elevação) se deu por meio de dados oficiais em arquivos *shapfile* do Serviço Geológico Nacional (CPRM), Secretaria Estadual de Planejamento (SEPLAN-MT), Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (Imaflora), Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil (2015) e INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. A base de dados do Serviço Geológico Nacional (CPRM) na escala 1:1.000.000 (CPRM, 2004) 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. A malha fundiária foi compilada a partir do atlas da geografia da agropecuária brasileira publicado pelo Imaflora (2017), disponível na escala de 1:1.000.000. O uso da terra foi extraído da base de dados do monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do solo na bacia do alto Paraguai, porção brasileira, publicado pelo Instituto SOS Pantanal e WWF-Brasil (2015). Por sua vez mapas de elevação (hipsométrico), declividade e rede de drenagem foram gerados a partir de modelos digitais de elevação (MDE), conforme procedimento descrito, para obtenção dos dados morfológicos e morfométricos a seguir.

As bases cartográficas de unidade geomorfológicas (CPRM), hipsométrica (MDE-Modelo Digital de Elevação) e unidades climáticas (SEPLAN-MT) compuseram as bases para obtenção das unidades da paisagem. A comparação das bases de dados foi realizada com auxílio do software *ArcGIS®* versão 10.3, em *ArcToolbox*, data management tools general merge, com o qual foram observadas as áreas cujos atributos conferem padrão e homogeneidade hipsométrica, geomorfológica e climática. A análise comparativa possibilitou a classificação das unidades de acordo com o padrão observado, revelando o clima como fator predominante.

Os mapas das sub-bacias foram gerados automaticamente na ferramenta “*ArcHydro*” do *ArcGIS®*. Uma vez delimitadas, foram estabelecidos 25 pontos de análise da dinâmica fluvial, distribuídos pelas seis sub-bacias, de forma a contemplar alto, médio e baixo curso de cada uma das sub-bacias.

3.2.1.1 Morfometria

Os procedimentos foram conduzidos a partir do acesso às imagens do Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado pelo projeto Topodata, referentes à área que recobre a bacia hidrográfica. O banco de dados em formato *raster* foi processado no software *ArcGis 10.1*.

Foram projetadas cinco imagens do MDE da bacia hidrográfica para o *datum SIRGAS 2000* no software *ArcGis*. Em seguida, foi utilizada a ferramenta “*Extract by mask*”, para obter as imagens somente da área que compreende a bacia e, em seguida, o uso da ferramenta “*Mosaic to raster*”, para unir as cinco imagens (MDE) a fim de iniciar a extração dos dados de declividade, rede de drenagem e altimetria.

O mapa do modelo digital de elevação foi gerado com a ferramenta “*Calculate Geometry*” para quantificar a área e o perímetro da bacia.

No mapa de declividade, as imagens do MDE foram convertidas para o *datum UTM SIRGAS 2000 – Zona 21 S*, no software *Qgis 2.18*. Em seguida as imagens foram processadas na ferramenta “*Análise do Raster*”, no modo declividade em (%).

Os intervalos de declividade foram estabelecidos conforme a Embrapa (1979), 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.

Na confecção do mapa de rede de drenagem ordenada foram utilizadas as ferramentas contidas no “*Spatial Analyst Tools*” do *ArcGis*, o uso dessa técnica permitiu a obtenção dos *shapefiles* dos canais fluviais e, conseqüentemente, a capacidade de extrair automaticamente os dados de área de drenagem - A (km²), perímetro, P (km), ordem, altitude máxima (m), altitude mínima (m), comprimento da Bacia – km, comprimento total dos canais, número total de canais, comprimento do canal principal (Km);

A área da bacia (A) representa “toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal”, expressa em km² conforme Christofolletti (1980). De acordo com Smith (1950), o perímetro (P) de uma bacia hidrográfica é o comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas, expresso em quilômetros.

A hierarquia fluvial foi obtida conforme os critérios estabelecidos por Strahler (1957), de acordo com os quais os cursos d’água localizados nas extremidades da ramificação são considerados de ordem 1°, e a união ou interseção de dois destes cursos originarão um de ordem 2°, e assim por diante; sendo que, quanto mais ramificada a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem. Os demais parâmetros morfométricos foram obtidos mediante as fórmulas descritas abaixo (Tabela 2).

Tabela 2- 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, POLLO, <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 – (Ff)	$L_m = A / C_b \quad F_f = \frac{L_{mb}}{C_b}$ A largura média (L_m) obtém-se	1,00 - 0,75: Circular, alta tendência 0,75 - 0,50: Ovalada. tendência mediana 0,50 - 0,30: Alongada. baixa tendência

	dividindo a área (A) pelo comprimento da bacia (Cb).	< 0,30: Comprida com tendência a conservação (nada propensa a enchente) (NARDINI, POLLO, <i>et al.</i> , 2013).
Coeficiente de compacidade – (Kc)	$K_C = 0,28 x \frac{P}{\sqrt{A_{km^2}}}$ <p>Onde: P – Perímetro e A_{km²} - 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 e LANÇA, 2011, p. 9).
Índice de circularidade - (Ic)	$I_c = \frac{12,57 x A}{P^2}$ <p>Onde: A área em km² e P= perímetro²</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, POLLO, <i>et al.</i> , 2013).
Densidade hidrográfica – (Dh) (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, SANTOS, <i>et al.</i> , 2013).
Densidade de drenagem (Dd) (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 km²</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 (Cm) (m/m ²)	$C_m = \frac{1}{D_d} x 1.000$ <p>Cm é o coeficiente de manutenção. e Dd é a densidade de drenagem.</p>	Representa a quantidade de área necessária para manter ativo um quilômetro (km) de canal fluvial (Schumm, 1956), (TRAJANO, SPADOTTO, <i>et al.</i> , 2012, p. 25).
HIPSOMÉTRICO		
Relação de relevo (Rr)	$R_r = \frac{H_{mx}}{C_B}$ <p>H_{mx} = Amplitude máxima; C_{Bh} = maior comprimento da bacia</p>	Segundo Schumm (1956), quanto maior o valor de Rr , 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 – (Ir)	$I_r = H x D_d$ <p>Ir é o índice de rugosidade; H é a amplitude altimétrica, e Dd é a densidade de drenagem.</p>	Este índice mostra a relação de declividade com os comprimentos dos canais, sendo que quanto maior for o índice, mais colinoso e dissecado o relevo (maiores declividades). e canais mais entalhados (CASTRO e CARVALHO, 2009).
Razão de textura (Rt)	$R_t = \frac{N_s^{1^\circ}}{P}$ <p>N_s^{1°} é o número de segmentos de 1ª- ordem e o perímetro P da bacia.</p>	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).

3.2.1.2 Cálculo de vazão e de descarga sólida em suspensão

De posse dos dados e materiais coletados a campo (velocidade da água, largura do canal e profundidade do canal, sedimentos de fundo e suspensão) foram estabelecidos

os valores hidrodinâmicos e hidrossedimentológicos de cada seção, observando-se os seguintes procedimentos:

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, p. 157-167), em que: Q = Vazão; V = Velocidade das águas; A = Área.

Para tabulação dos dados das séries históricas de vazão da estação nº 66064000 da ANA (localizada na Comunidade vila Cabaçal), os dados foram obtidos via *Hidroweb* (plataforma digital da Agência Nacional das águas) e tratados no programa *SisCAH 1.0®*, desenvolvido pelo grupo de pesquisa em recursos hídricos (GPRH).

Para obter os valores de descarga sólida em suspensão (QSS), foi determinada a fórmula $Q_{ss} = C_{ss} \times Q_L \times 0,0864$ (CARVALHO, 2015, p. 152), sendo que: QSS = Descarga sólida em suspensão (t dia⁻¹); CSS= Concentração de sedimento em suspensão da vertical (mg/L-1); QL = Descarga líquida da respectiva vertical (m³/s); 0,0864 = total de segundos/dia.

3.2.2. Trabalho de campo

A segunda etapa deste trabalho consiste nas atividades desenvolvidas a campo. Para Andrade e Schmidt (2015, p. 6), esta fase compreende a constatação *in loco* por meio de observação, análise, comparações, aplicação das técnicas, (coleta de material, registros, observações) aliadas à análise em laboratório (...) (ferramentas e equipamentos). Esta fase é crucial para o trabalho, pois permite a obtenção não só de dados quantitativos, mas também qualitativos, é a impressão do contexto no qual o objeto de pesquisa está inserido (RODRIGUES e OTAVIANO, 2001, p. 36).

Os trabalhos de campo foram realizados por meio de coleta de dados e amostras, em 25 pontos distribuídos entre seis sub-bacias. As informações foram obtidas em dois períodos, na estação chuvosa, entre os dias 27/02 a 02/03 2017 e estiagem, de 23 a 26/08/2017.

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 1 L, enxaguada duas vezes com a própria água do rio, a fim de eliminar

possíveis interferências. 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 1 Kg 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 conferida 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*.

No campo também foram feitas observações e registros (fotográficos e ficha de campo) voltados à descrição, à caracterização e à contextualização dos fenômenos e das características de cada ponto de análise.

3.2.3. Atividade de laboratório.

3.2.3.1 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. A fração de areia se obtém em peneiras de malha de 0,053 mm (n. 270).

As frações foram secas em estufa e pesadas para a obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%, que é obtido por diferença das outras frações em relação ao peso da amostra original. Realizam-se dois ensaios por ponto de coleta para obtenção da composição média dos sedimentos de fundo.

A quantificação das frações de areia (grossa, média e fina) foi obtida com o peneiramento. O material retido pela pipetagem (dispersão total), na peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 0,053 (n. 270), é seco em estufa e, posteriormente, submetido a processo mecânico no agitador eletromagnético, com uma sequência de peneiras

padronizadas, por 30 minutos. O material retido em cada uma das peneiras é pesado separadamente para aferição dos pesos por amostra.

A areia retida nas peneiras de 4,75 mm e 2,36 mm é considerada grossa; a que passa pela peneira de 2,36 mm, mas fica retida nas peneiras de 1,18 mm e 600 μm , é considerada média, e finalmente, a areia retida nas peneiras de 300 μm a 75 μm é classificada como fina.

3.2.3.2. 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 pré-pesado e levado à estufa modelo TE-394/2 (65°C) para a retirada da umidade. Por meio de contraste de peso, extrai-se a quantidade de sedimento em suspensão, representado em mg/L (LELI *et al.* 2010).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização ambiental, análise morfológica e morfométrica das sub-bacias do rio Cabaçal

A análise dos aspectos morfológicos e morfométricos de seis sub-bacias (sub-bacia do rio Cabaçal alto curso, médio e baixo curso, rio Branco, rio Vermelho e rio Bugres) que compõem a bacia hidrográfica do rio Cabaçal, foram precedidas pelo levantamento dos elementos ambientais (clima, geologia, relevo, solos e tipos de uso) e uso e cobertura da terra, possibilitando a identificação de áreas potencialmente suscetíveis à degradação por erosão hídrica.

Os parâmetros morfológicos e morfométricos analisados foram: densidade hidrográfica, densidade de drenagem, razão de textura e relação de bifurcação (quanto maior o índice obtido maior será a probabilidade e suscetibilidade a processos de degradação do solo e da água). As formas foram obtidas por meio dos parâmetros: índice de circularidade, fator de forma, razão de alongamento, coeficiente de compacidade e forma da bacia. Por sua vez, a análise hipsométrica foi realizada por meio da relação de relevo, índice de rugosidade e razão de textura.

As informações sobre os aspectos ambientais e morfológicos foram obtidas nas sub-bacias: do rio Cabaçal alto, médio e baixo, bacia do rio Branco, bacia do rio Vermelho e bacia do rio Bugres (figura 2), que compõe a totalidade da bacia hidrográfica do rio Cabaçal.

Resultante da análise de uso e cobertura da terra, a figura 02 revela que a bacia é predominantemente ocupada pela atividade pecuária, que ocupa pouco mais de 65% da área total e o uso agrícola ocupa apenas 2,94%. Resultado do processo histórico de ocupação, a vegetação remanescente foi suprimida a 29, 93%, com tendências de aumento progressivo da supressão. O levantamento por sub-bacias revela ainda diferenças significativas de uso e cobertura, com variação entre pecuária e agricultura e remanescente de cobertura vegetal, associados a diferentes arranjos ambientais e índices elevados dos parâmetros hipsômetros, como detalhado na sequência.

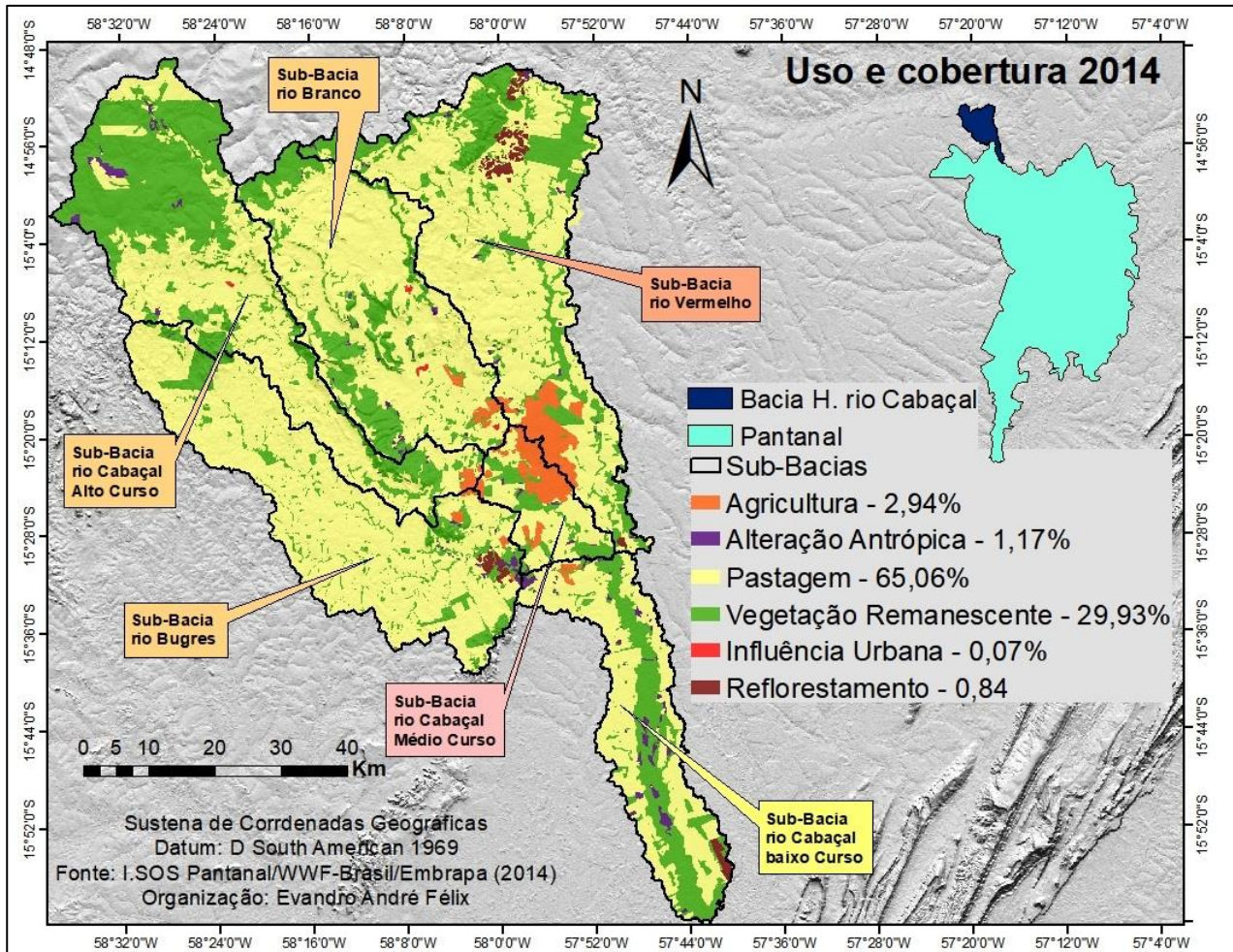


Figura 2- Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal: uso e cobertura e sub-bacias.

4.1.1 Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso.

A sub-bacia do rio Cabaçal alto curso, localizada na porção noroeste da bacia, tem aproximadamente 1.235,01 km² de área drenada pelo rio Cabaçal e afluentes. Esta sub-bacia é constituída por dez unidades geológicas, três classes de relevo, três subunidades climáticas e três classes principais de solo, sobre áreas onde predomina a atividade pecuária (49,47%) e vegetação remanescente (tabela 03). Considerando o item alteração antrópica, é possível considerar ainda que, o uso da terra tem avançado, sobre a cobertura natural. Este dado associado ao geologia, relevo, clima e solo pode desencadear aumento da suscetibilidade a erosão hídrica, conforme discussão a seguir.

Tabela 3-Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: percentual de uso e cobertura 2014

Tipo de uso e cobertura	Área/km ²	%
Agricultura	7,818	0,633

Alteração Antrópica ¹	15,596	1,263
Pastagem	610,823	49,470
Influência urbana	0,690	0,056
Reflorestamento	-	-
Vegetação Remanescente	599,820	48,579
Total	1.234,747	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil (2015)

Aspectos geológicos

Retratando a diversidade geológica da sub-bacia, os dados da Figura 03 e tabela 04 apontam para o predomínio da formação sedimentar Utiariti, que ocupa 53,39 % da área total da sub-bacia, seguido pelas formações de Santa Cruz, Alto Jauru e Guaporé.

Compondo o grupo Parecis, a formação Utiariti é composta por arenito de granulometria variável (de fina a média), de cores vermelha, amarela e branca, com estratificação cruzada de pequeno porte, podendo localmente ocorrer seixos esparsos (CPRM, 2004). Os planos estratigráficos da estrutura litológica evidenciam dois tipos de ambiente que deram origem às rochas da formação Utiariti, ao sistema fluvial entrelaçado e ao eólico. “O eólico foi constatado pelas estratificações cruzadas de grande porte e pelas laminações internas nos pacotes e o predomínio de campos de dunas de cristas retas” (WESKA, 2006, p. 74). De natureza geológica, sedimentar, compostas por solos profundos de alta permeabilidade, dispõem de padrão de drenagem dendrítico subparalelo.

Situada na base da formação Utiariti, a suíte intrusiva Santa Cruz ocupa 10,16% da área e é composta por rochas monzogranito rosa, de granulometria de média a grossa e foliado (CPRM, 2004). Para Ruiz (1992) *apud* Araújo,(2008, p. 39) trata-se de um batólito com direção NNW, indentificado na região de Cachoeirinha. Situado no baixo curso da sub-sub-bacia, o grupo Alto Jauru é classificado por Menoncello (2016) como uma sequência metavulcanossedimentar, constituída principalmente por anfibólitos, micaxistos e paragnaises, com disposição dos afloramentos no sentido NW/SE. Também de natureza intrusiva, o complexo Alto Guaporé é constituído de rochas metamórficas (paragnaisse, ortognaisse, granodiorito, tonalítico, gnaisse migmatítico, subordinadamente anfibolito, xisto e quartzito); ambas na zona de contato, da base para o topo, constituem as estruturas de contato litoestatigráfico entre formações sedimentares e ígneas.

¹ “Áreas onde a vegetação nativa original apresenta sinais de alteração da cobertura natural, no entanto, ainda não foi convertida por completo para o uso de pastagem ou para uso agrícola” (INSTITUTO SOS PANTANAL, WWF-BRASIL. 2015 P 12)

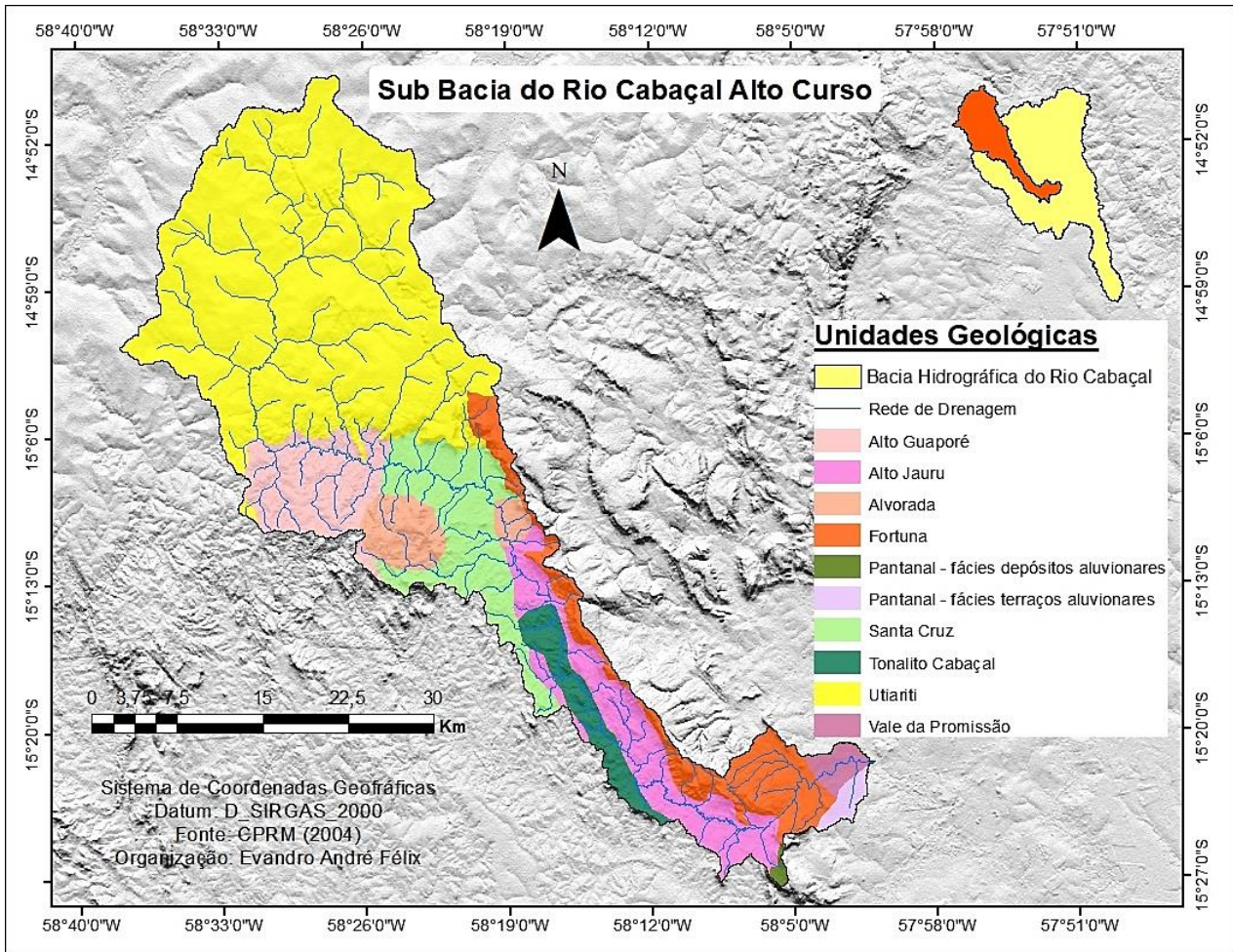


Figura 3 - Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: unidades geológicas

Tabela 4- Sub-bacia rio Cabaçal alto curso: percentual de área por unidade geológica

Nº	Formação	Area km ²	%
1	Alto Guaporé	98,46	7,97
2	Alto Jauru	118,05	9,56
3	Alvorada	50,85	4,12
4	Pantanal - fácies depósitos aluvionares	2,86	0,23
5	Pantanal - fácies terraços aluvionares	15,27	1,07
6	Santa Cruz	125,47	10,16
7	Tonalito Cabaçal	46,02	3,73
8	Utiariti	659,25	53,39
9	Vale da Promissão	14,91	1,21
10	Fortuna	108,48	8,79
Total		1.235,01	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da CPRM (2004)

Unidades do relevo

Segundo a distribuição do substrato geológico, o relevo é constituído predominantemente por áreas de planalto, domínio de colinas dissecadas e morros baixos, degraus estruturais e rebordos erosivos da chapada dos Parecis (tabela 05).

Ocupando 56,14% área da área da sub-bacia, o planalto dos Parecis domina o alto curso da sub-bacia, seguido de áreas de rebordo erosivo no médio curso e domínio de colinas dissecadas e morros baixos no baixo curso (Figura 04).

Ribeiro et al (2013) destaca que o planalto dos Parecis se encontra sobre rochas do complexo Xingu e sobre rochas do grupo Aguapeí, com disposição angular e erosiva discordante sobre metarenitos (formação Fortuna e morro Cristalino) e sobre os metapelitos (vale da Promissão), caracterizado como formação constituída basicamente por rochas areníticas [...]. “Devido à falta de matriz de materiais cimentantes, o poder de desagregação destas rochas é muito grande, razão pela qual formam espessos solos arenosos e profundos, que caracterizam os chapadões do planalto dos Parecis” (RIBEIRO, TOCANTINS e FIGUEIREDO, 2013, p. 160).

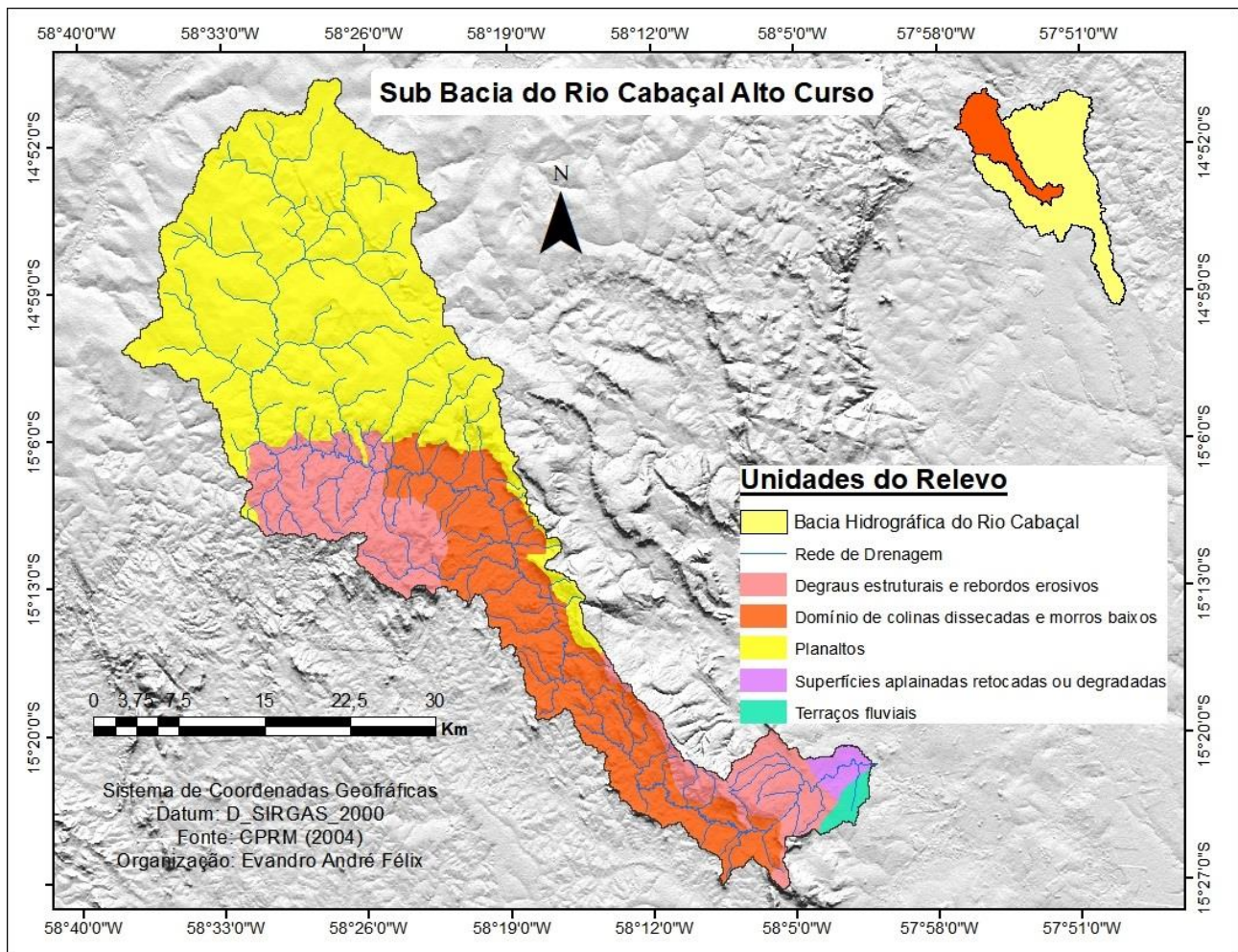


Figura 4 - Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: distribuição do relevo

Tabela 5 - Sub-bacia rio Cabaçal alto curso: percentual de área por unidade do relevo

Nº	Unidades do relevo	Area km ²	%
01	Domínio de colinas dissecadas e morros baixos	291,81	23,63

02	Degraus estruturais e rebordos erosivos	224,40	18,17
03	Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas	14,91	1,21
04	Planalto dos Parecis	695,22	56,14
05	Terraços fluviais	10,41	0,84
Total		1.235,01	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do CPRM (2004)

Deste modo, o planalto dos Parecis constitui área essencial para a recarga do aquífero de mesmo nome, de onde nascem os principais formadores da bacia hidrográfica, (rio Cabaçal, rio Branco e rio Vermelho). Com rede de drenagem em altitudes elevadas, apresenta rios e córregos com fluxo turbulento, com grande capacidade de transporte de sedimentos.

No médio e baixo curso predominam relevos de rebordo erosivo e colinas dissecadas, de formações geológicas ígneas intrusivas do complexo alto Guaporé, suíte intrusiva Santa Cruz, Alvorada, grupo alto Jauru e Tonalito Cabaçal.

Variações do Clima

O clima predominante é o mesotérmico quente e úmido da fachada meridional do planalto dos Parecis (IIIC3) (Figura 05). Estendendo-se por áreas de planalto e degraus estruturais, apresenta pluviosidade média anual de 1600 a 1700 mm; a estação seca se estende por cinco meses. Ocupando as porções do extremo norte e leste a subunidade climática do tipo mesotérmica dos topos de cimeira dos chapadões (IIIA1a), dispõe de temperaturas amenas e áreas com pluviosidade elevadas, com precipitação média anual entre 1900 e 2100 mm e estiagem de quatro meses.

Nas porções de baixo curso, prevalece a subunidade climática do baixo planalto Jauru-rio Branco (IIID2b); apresenta precipitação anual entre 1400 a 1600 mm anuais, com período de estiagem podendo se estender por até seis meses (maio a outubro). Entre as três subunidades climáticas, a variação de precipitação varia de 2100 mm anuais no alto curso e 1400 no baixo. Entre os extremos da unidade a diferença de estiagem pode ser de até dois meses. As diferentes unidades climáticas configuram assim distintos processos de intensidade e intervalos de precipitação ao longo da sub-bacia. A intensa pluviosidade associada ao relevo de altitude elevada no planalto e dissecado na área de transição aumenta a suscetibilidade da sub-bacia a erosão hídrica, com alto potencial a erodibilidade e fonte de sedimentos para a depressão pantaneira.

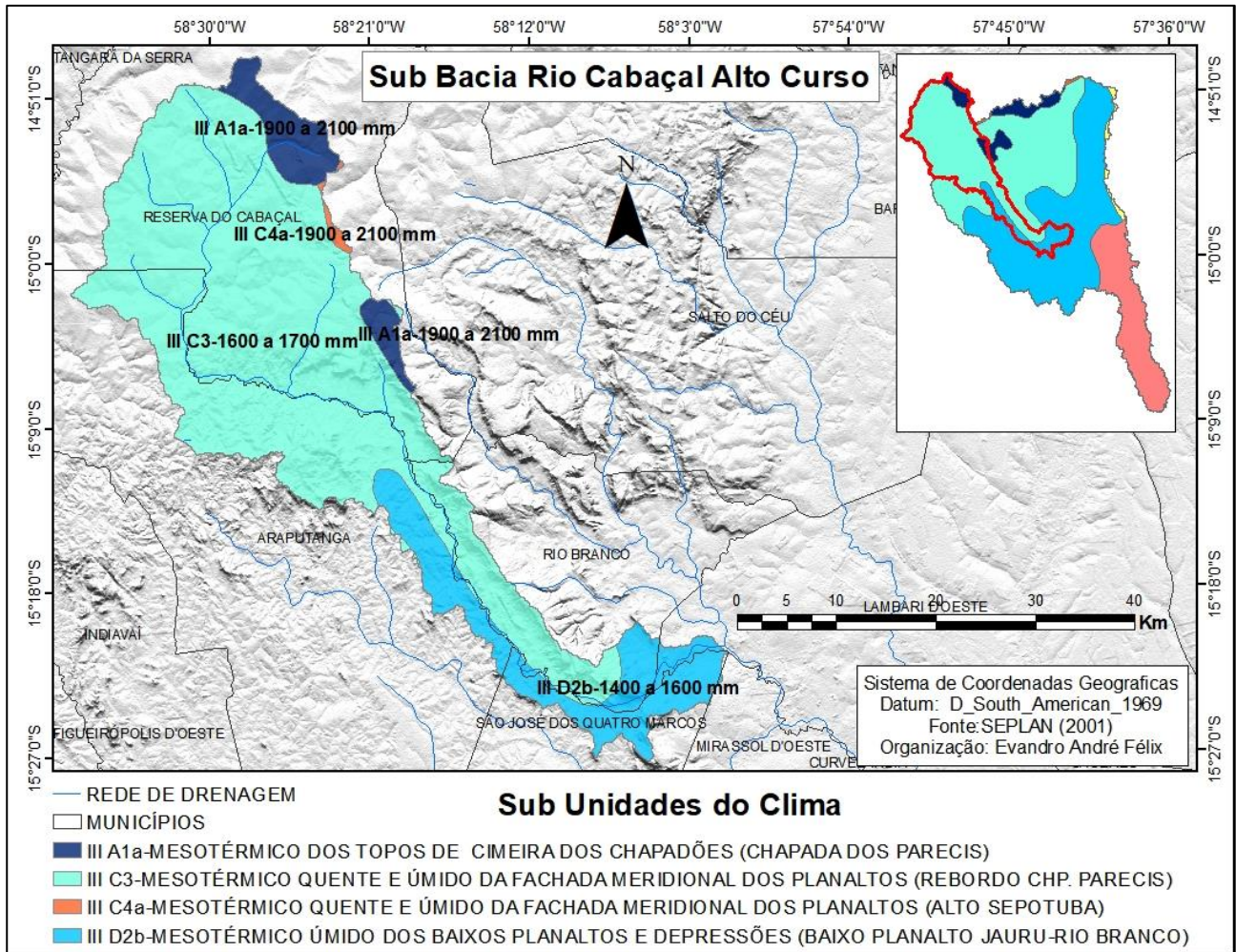


Figura 5 - Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: variações do clima

Unidades pedológicas

A combinação dos componentes ambientais (geologia, relevo e clima) dá origem a sete classes pedológicas até o 3º nível categórico (tabela 06). Localizados nas áreas de planalto (alto curso) (Figura05); os Neossolos Quartzarênicos Órticos totalizam 48,9% da área da sub-bacia. Nas áreas de transição entre planalto planície, caracterizada pelos rebordos erosivos e colinas dissecadas (médio e baixo curso), prevalecem os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos (20,4%) e distróficos (13,3%) (Figura06).

Os Neossolos Quartzarênicos Órticos são altamente propensos à atuação de processos erosivos em virtude da combinação entre as propriedades do solo e o relevo. Sartori et al (2005 p 15) destacam que esta classe dispõe de textura areno-quartzosa, tanto no horizonte A, como no C, são profundos e apresentam alta permeabilidade, baixa compressibilidade e expansividade nula nos horizontes A e C. De lençol freático profundo

(abaixo do horizonte C), apresentam baixa suscetibilidade à erosão em planícies e alta em colinas e morros.

Para EMBRAPA (2014), os Argissolos são constituídos de material mineral, diferenciado pela presença de horizonte B textural com argila de atividade baixa (ou alta conjugada) com saturação por bases baixa ou caráter alítico; apresentam profundidade variável, de forte a imperfeitamente drenados e textura variável de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte B. Palmieri e Larach (2016) destacam que estas classes de solo em geral predominam em encostas côncavas e plano-inclinadas, de relevos que vão de ondulados a forte ondulados. Arraes et al (2010) apontam que o gradiente textural dos argissolos facilita o fluxo paralelo no caimento das encostas, podendo incrementar a erosão laminar, principalmente quando ocorre mudança textural abrupta, que facilita a rápida saturação dos horizontes superiores favorecendo o fluxo paralelo ao caimento das encostas.

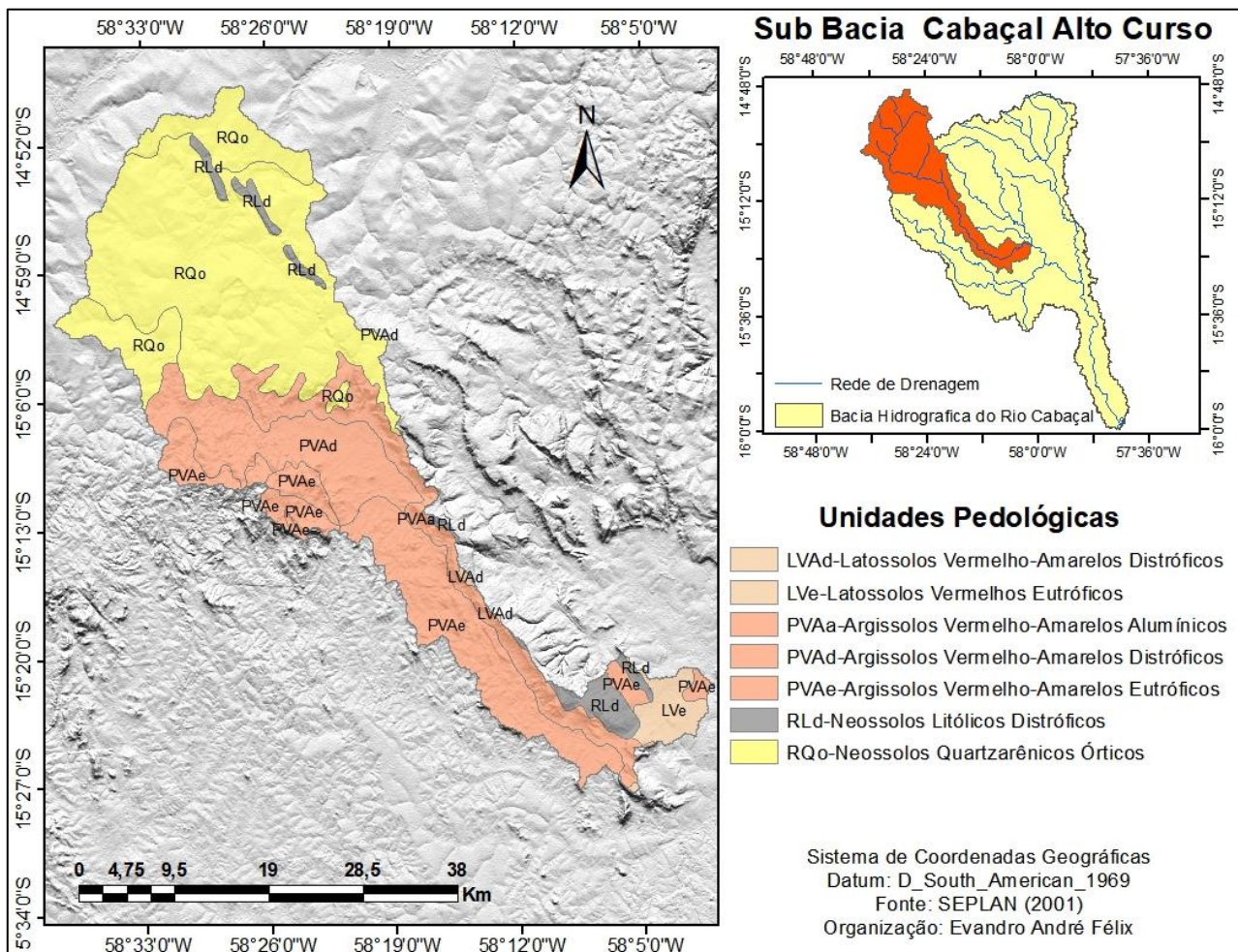


Figura 6 - Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: unidades pedológicas

Tabela 6 - Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso: unidades pedológicas

Nº	Unidades pedológicas	Area Km ²	%
01	LVAAd-Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos	2,17	0,2
02	LVE-Latossolos Vermelhos Eutróficos	37,92	3,1
03	PVAa-Argissolos Vermelho-Amarelos Alumínicos	128,41	10,4
04	PVAd-Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos	160,76	13,0
05	PVAe-Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos	251,14	20,4
06	RLd-Neossolos Litólicos Distróficos	49,92	4,0
07	RQo-Neossolos Quartzarênicos Órticos	605,04	48,9
Total		1.235,01	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da SEPLAN-MT (2001)

O predomínio dos neossolos quartzarênicos, associado a litologia porosa e friável da formação Utiriti, relevo entre planalto e rebordo erosivo com média pluviosidade anual elevada, releva a elevada suscetibilidade dos componentes ambientais que integram a sub-bacia.

Morfologia e morfometria

Representados nas tabelas 7 e 8, o detalhamento dos fatores morfológicos e morfométricos da sub-bacia contribui para a compreensão dos padrões da rede de drenagem, associada aos elementos ambientais e diferentes tipos de uso da terra, contribuindo com elementos que possibilitam a identificação de áreas mais propensas a degradação, por erosão hídrica.

Tabela 7 - Dados morfométricos da sub-bacia do rio Cabaçal alto curso

Dados e parâmetros morfológicos e morfométricos	
Dado/Parâmetro	Total/valor
Área de drenagem - A (km ²)	1.235,01
Perímetro - P (km)	366
Ordem	6 ^a
Altitude máxima (m)	712
Altitude mínima (m)	153
Comprimento da bacia	81,18
Comprimento total dos canais	2.738,3
Número total de canais	3.711
Comprimento do canal principal (Km)	152,35
Número de nascentes	2.863
Linear	
Relação de bifurcação - Rb (Nt/km ²)	4,39
Gradiente de canais	4,67%
Índice de sinuosidade - Is	1,87
Areal	
Fator de forma - Kf	0,18
Coefficiente de compacidade - Kc	2,9161
Índice de circularidade - Ic	0,1158
Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	2,2172
Densidade hidrográfica - Dh (canais/ km ²)	3,0145

Coeficiente de manutenção - Cm (m ² /m)	451,01
Hipsométricos	
Relação de relevo – Rr m/K	6,88
Índice de rugosidade – Ir	1.239,42
Razão de textura Rt	7,8224

Elaborado pelo autor.

Tabela 8 - Número de canais por ordem hierárquica

Ordem	Número de canais por ordem	
	Total	%
1 ^a	2.863	76,71
2 ^a	652	17,47
3 ^a	153	4,10
4 ^a	43	1,15
5 ^a	11	0,29
6 ^a	1	0,03

Elaborado pelo autor.

A sub-bacia tem área de 1.235,01 km², e a rede de drenagem totaliza 2.738,3 km de extensão. Os parâmetros lineares classificam a bacia como sendo de sexta ordem (6^a) (Figura 07). Esse nível de ordenamento lhe confere uma relação de bifurcação (Rb) de 4,30; o gradiente de canais de 4,67 %, conferindo-lhe alta capacidade de drenagem, torna a bacia pouco suscetível a inundações. O índice de sinuosidade (Is) foi de 1,87 conferindo ao canal principal formato sinuoso, caracterizado como forma transicional com capacidade de transportar carga sedimentar mista (RICCOMINI, GIANNINI e MANCINI, 2003). Canais de alta sinuosidade e alta capacidade de drenagem podem expor a rede de drenagem a volumes excepcionais de escoamento de águas superficiais, provocando erosão de margem decorrente do atrito dado pela força de arrasto do fluxo e meandro da rede de drenagem.

Pela análise areal dada pelo fator de forma de 0,18 e pelo índice de circularidade de 0,11, o coeficiente de compacidade de 2,91 evidencia sub-bacia de formato alongado com baixa propensão a enchentes, e alta capacidade de escoamento superficial. A capacidade de escoamento é reforçada pela densidade de 2,21 km de drenagem por km² e densidade hidrográfica de 3,01 quilômetros de canais por Km². Para Stipp, Campos e Caviglione (2010), esta é uma característica de drenagens em topografia sob intenso processo de dissecação. Relacionando a capacidade de drenagem, tem-se um coeficiente de manutenção de 451,01 m²/m de área para manter o fluxo constante de um metro de canal fluvial.

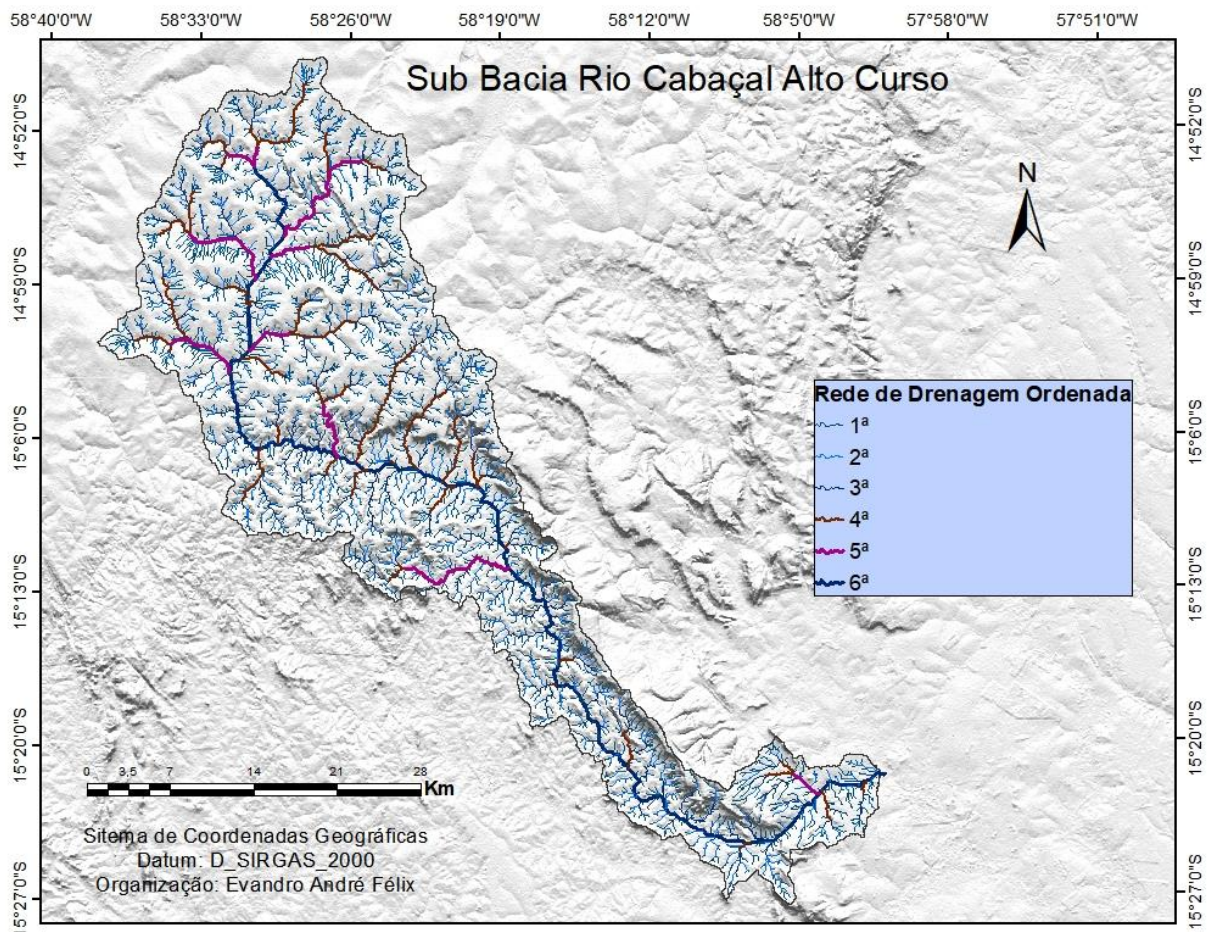


Figura 7- Sub-bacia rio Cabaçal alto curso: rede de drenagem ordenada

O elevado índice de densidade hidrográfica do relevo oscilando de plano a escarpado corrobora com este indicador, e evidencia a susceptibilidade destas áreas, pois alterações mínimas poderão comprometer a manutenção dos canais fluviais. No alto curso, a conservação de áreas de manutenção favorece o equilíbrio do escoamento da rede de drenagem, pois possui aspecto geológico e pedológico propício para infiltração e percolação com rochas e solos porosos e profundos.

A análise hipsométrica (Figuras 08, 09) (Tabela 09) mostra amplitude altimétrica de 559 metros e predomínio de relevos suaves e ondulados. O índice de relação do relevo foi de 6,88 m/km, apresentando um desnível de quase sete metros em cada quilometro (Figura 09).

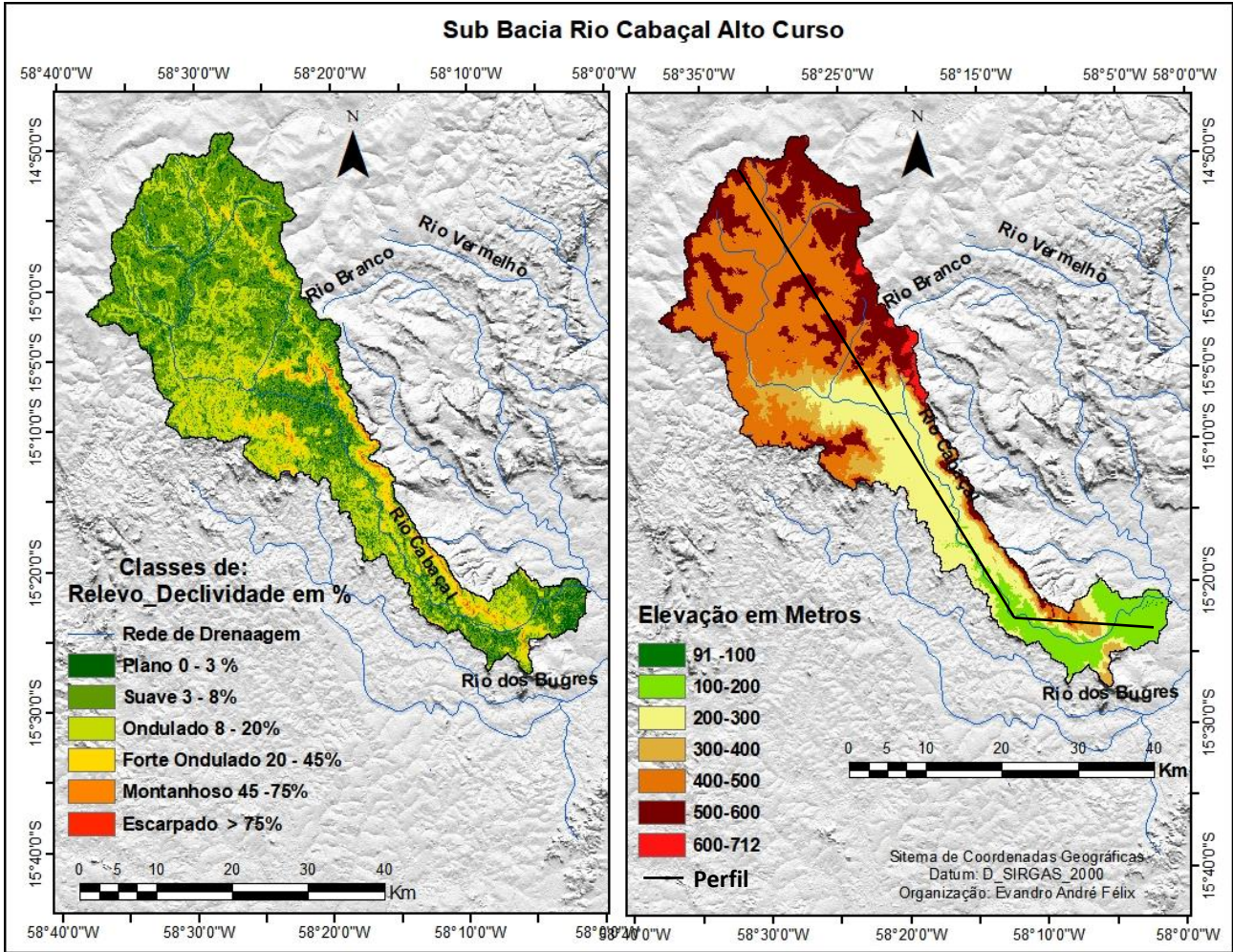


Figura 8 - Sub-bacia rio Cabaçal alto curso: declividade e elevação

Tabela 9- Classes de relevo e percentuais de área

Relevo	Declividade	A/km ²	%
Plano	0 - 3%	180,43	14,61
Suave	3 - 8%	615,00	49,81
Ondulado	8 - 20%	346,65	28,08
Forte ondulado	20 - 45%	79,08	6,41
Montanhoso	45 - 75%	12,88	1,04
Escarpado	> 75%	0,60	0,05

Elaborado pelo autor.

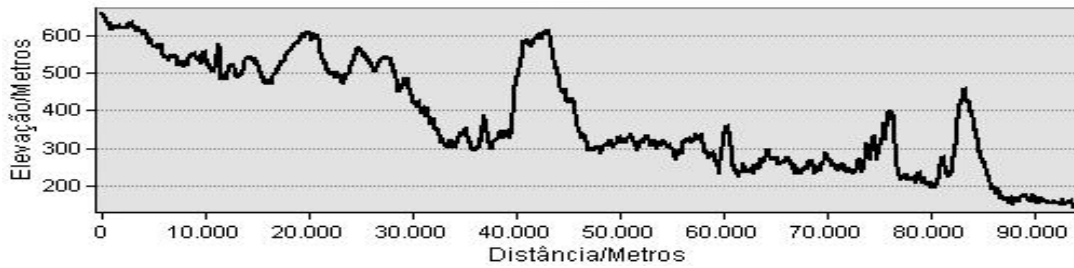


Figura 9 - Perfil topográfico

Com índice de rugosidade de 1.239,42, a bacia mostra elevados índices na relação declividade e comprimento dos canais. Para Castro e Carvalho (2009), o índice de rugosidade elevado revela relevo colinoso e dissecado com maiores percentuais de declive resultando em rede de drenagem com canais entalhados. Deste modo o índice de rugosidade aumenta na medida em que há aumento proporcional entre densidade de drenagem e amplitude altimétrica. Com o aumento da Dd, a distância horizontal entre a linha divisória das bacias e os canais adjacentes é reduzida, aumentando a declividade da vertente e diminuindo o percurso médio do escoamento superficial sobre os terrenos dessas sub-bacias (CALIL, OLIVEIRA, *et al.*, 2012, p. 441).

Com predomínio de canais de 1º ordem (76,71 %), fica evidente o nível de dissecação do relevo, para Vitte (2005) Quanto maior a participação percentual de canais de primeira ordem, maior é a fragilidade da paisagem, pois estes indicam maior dissecação do relevo. Este elemento, associado ao predomínio de solos arenosos, sobre áreas de planalto e rebordo erosivo, sob regime climático de pluviosidade elevada, expõe seus domínios a elevado grau de fragilidade ambiental, sendo observada pelas pastagens degradadas, paisagem altamente antropizada, processos erosivos e pontos de assoreamento em cursos d'água. (figura 10 A a F)

Para expressar o espaçamento entre os canais de drenagem, Smith (1950) propôs a razão de textura topográfica (T) (MARCIIETTI, 1980, p. 350). Com razão de textura de 7,82, a bacia apresenta textura do tipo fina, com espaçamento pequeno entre os canais de escoamento. Este resultado revela a suscetibilidade da sub-bacia ao desenvolvimento dos processos erosivos remontante as suas vertentes e cursos d'água (FILHO e LIMA, 2007).

As características do relevo, associadas ao tipo de solo e à geologia, contribuem para delineamento do gradiente de canais e relação de relevo (cachoeiras, corredeiras), a ruptura altimétrica e vasta densidade de drenagem. As feições deposicionais encontradas no leito representam a alta densidade de drenagem, nível de base local, geologia, tipos de solo e uso da terra (figura 10 A, B, C e D).

Estudos realizados por Carvalho (2015) e Lorenzon (2016) apontam que a área da sub-bacia se encontra sob domínio de alta suscetibilidade a erosão hídrica decorrente da combinação de solos de textura areno-siltosa e uso da terra pela atividade pecuária de forma não condizente com suas limitações físicas, químicas e topográficas. Neste

contexto marcado pela supressão drástica da cobertura vegetal natural e a fragilidade ambiental, os dados morfométricos que indicam propensão a erosão, devido o seu alto potencial de drenagem e escoamento, reforçam a necessidade de implementação de medidas de reordenamento de uso da terra, de forma a equilibrar os fluxos de escoamento pelas vertentes e rede de drenagem.



Figura 10 - Representação do padrão morfológico, morfométrico e processos associados
 *A – cachoeira Rabo de Galo * B - Colinas suaves dissecadas *C e D – Córrego assoreado *E e F –
 Pastagem degradada e processos erosivos.

Fotos: Evandro André Félix (2017)

4.1.2 Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso

A Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso, situada na porção central da bacia do rio Cabaçal, é caracterizada como área de confluência entre os rios Cabaçal e Branco, Cabaçal e Bugres e limite divisório entre o rio Cabaçal e rio Vermelho.

Ocupada predominantemente pela atividade pecuária e agricultura (tabela 10) seus domínios se estendem por quatro formações geológicas de relevo sob influência de duas subunidades climáticas de precipitação e temperatura variáveis com cinco tipos de solos até o 3º nível categórico, em que prevalece os argissolos e latossolos, sobre relevos planos e suaves, que favorecem a atividade agrícola, e conseqüentemente aumenta a pressão sobre os recursos naturais, levando a supressão da vegetação remanescente. A seguir serão detalhados os componentes ambientais e aspectos morfológicos associados ao uso da terra.

Tabela 10 Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: percentual de uso e cobertura 2014

Tipo de uso e cobertura	Área/km²	%
Agricultura	60,816	25,890
Alteração Antrópica	3,683	1,568
Pastagem	113,037	48,121
Influência urbana	-	-
Reflorestamento	-	-
Vegetação Remanescente	57,370	24,423
Total	234,91	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil (2015)

Unidades geológicas

Predominam na sub-bacia as formações geológicas: Pantanal (fácies terraços aluvionares), ocupando 45,68% da área, e Araras com 45,68% (Tabela 11).

Tabela 11 - Sub-bacia rio Cabaçal médio curso: percentual de área por unidade geológica

Nº	Unidades geológicas	Area km²	%
01	Araras, membro superior	114,94	48,93
02	Depósitos aluvionares	11,92	5,07
03	Pantanal - fácies terraços aluvionares	107,31	45,68
04	Vale da Promissão	0,74	0,32
Total		234,91	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do CPRM (2004)

A formação Pantanal – fácies terraços aluvionares (Figura 11) – é constituída por terraços aluviais sub-recentes, formada por sedimentos areno-argilosos, semi-consolidados, parcialmente laterizados, e constitui um dos maiores domínios da sub-

bacia. (CPRM, 2004), (MIRANDOLA-AVELINO, 2006). De natureza geológica sedimentar pouco consolidada, desenvolve padrão de drenagem dendrítico subparalelo.

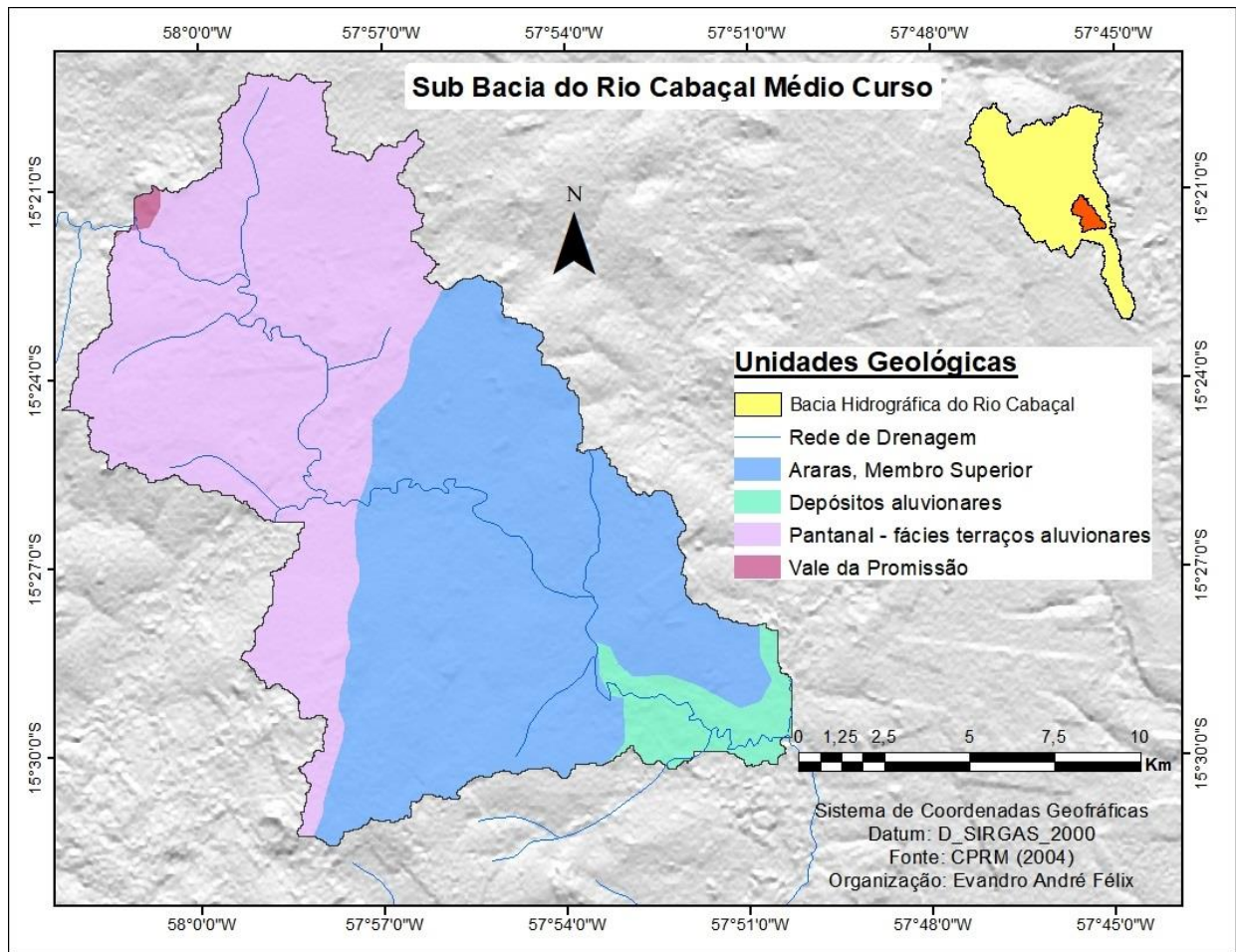


Figura 11 -Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: unidades geológicas

Compondo o grupo Alto Paraguai, a formação Araras membro superior tem litologia predominantemente composta por calcário dolomito com ocorrência de arenito, siltito, argilito e níveis de sílex e concreções silicosas (CPRM, 2004).

Os depósitos aluvionares são constituídos por sedimentos argilo-siltico arenosos; compondo o primeiro nível da formação Pantanal “topograficamente mais elevado, é constituído por areias inconsolidadas de granulometria fina a média, intercalada por materiais silticos argilosos” (MIRANDOLA-AVELINO, 2006, p. 76). A drenagem é do tipo dendrítica subparalelo, característico de estruturas sedimentares horizontais.

Unidades do relevo

Seguindo a disposição das unidades geológicas, as unidades do relevo que integram a sub-bacia são constituídas pela unidade de terraços fluviais e superfícies aplainadas conservadas (Tabela 12), ambas de topografia predominantemente plana.

Tabela 12-Sub-bacia rio Cabaçal médio curso: percentual de área por unidade do relevo

Nº	Unidades do relevo	Area km ²	%
01	Planícies fluviais ou flúvio-lacustres	11,92	5,07
02	Superfícies aplainadas conservadas	114,94	48,93
03	Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas	0,74	0,32
04	Terraços fluviais	107,31	45,68
Total		234,91	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do CPRM (2004)

Ocupando uma área de 107,31 km² de área, a unidade constituída pelos terraços fluviais (Figura 12) compõe uma das maiores unidades da sub-bacia. Com topografia predominantemente plana, está compreendida sobre o domínio geológico da formação Pantanal (fácies e terraços aluvionares) composto por argila, areia e silte. A existência de camadas sedimentares arenosas e cascalhos bastante permeáveis e alta porosidade, associados a sedimentos argilosos, proporciona boa capacidade de armazenar e circular água pelo sistema de drenagem em virtude da homogeneidade e expressividade hidrodinâmica lateral. Tem ainda aquíferos superficiais compostos por sedimentos inconsolidados de alta permeabilidade que, associados à topografia pouco acidentada, dão origem a redes de drenagem com velocidade do fluxo moderado e boa disponibilidade hídrica durante a estação seca. (CPRM, 2009).

Ocupando área de 114,94 km², o compartimento geomorfológico, das superfícies aplainadas conservadas, está disposto na diagonal, sentido NE/SW, I. De acordo com a classificação da CPRM (2009), a unidade geomorfológica apresenta controle estrutural sobre as formações adjacentes de alta permeabilidade. Com relevo predominantemente plano, a unidade do relevo com baixo gradiente favorece o fluxo laminar.

A interação dos componentes geológicos e geomorfológicos que integram a paisagem da sub-bacia, favorecem o desenvolvimento de solos planos, de textura areno argilosa, que favorecem a prática agrícola, sendo esta a subunidade hidrográfica com maior percentual de área ocupada pela atividade agrícola.

Com relevo de plano a suave ondulado, sobre estrutura geológica estritamente sedimentar com alta porosidade, sob uso intenso pela atividade canavieira e produção de grão, a subunidade apresenta vulnerabilidade ambiental associada a possível

contaminação por tóxicos, tendo em vista a elevada porosidade dos componentes litológicos. O uso excessivo de agentes contaminantes em seus domínios, podem levar a contaminação das águas sub superficiais e subterráneas.

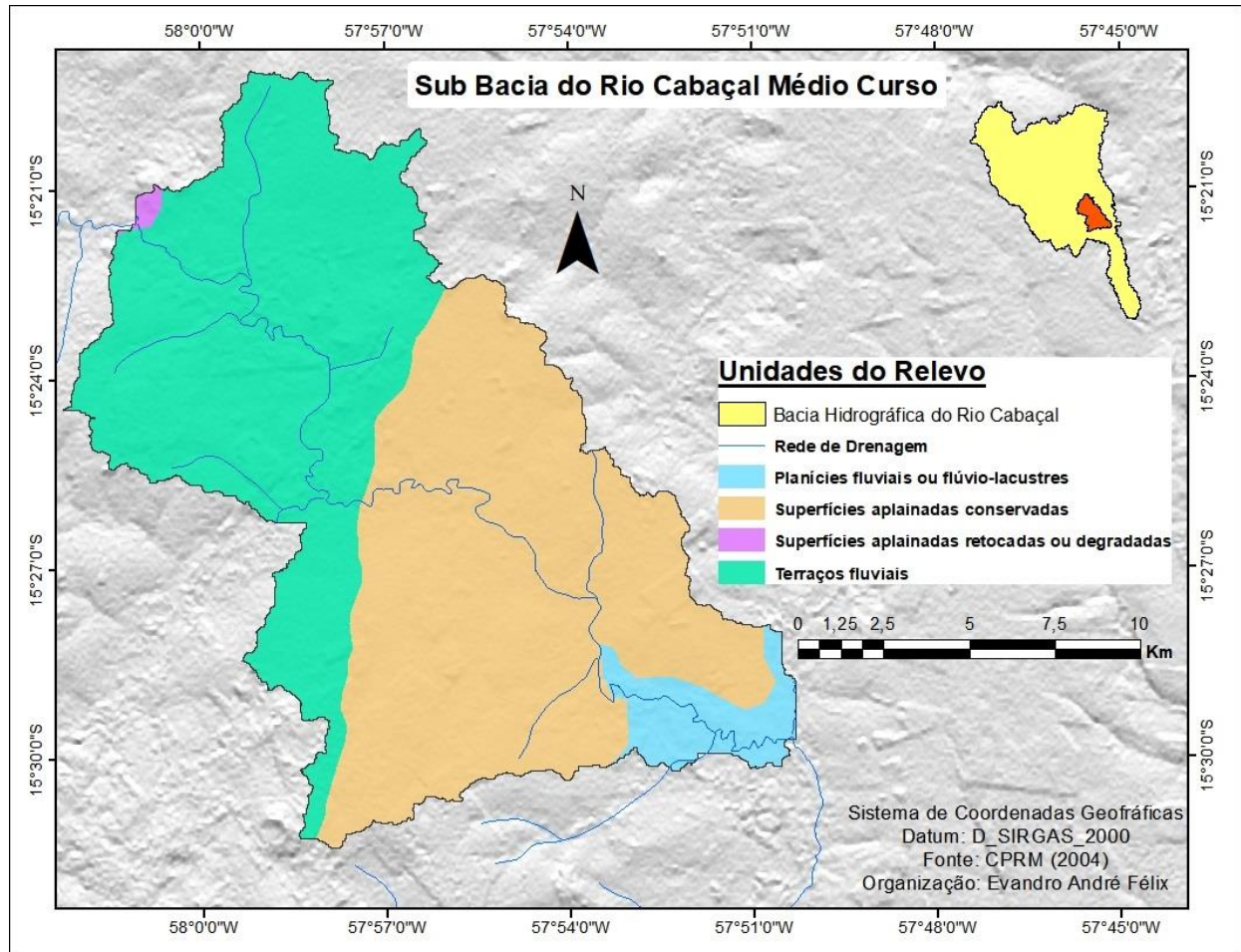


Figura 12-Sub-bacia rio Cabaçal médio curso: unidades do relevo

Variações do clima

A sub-bacia dispõe de duas subunidades climáticas bem distribuídas ao longo do perfil longitudinal. Em toda a porção oeste prevalece o clima mesotérmico úmido dos baixos planaltos e depressões (III D2b), e a leste, mesotérmico subúmido das depressões e pantanais (depressão do alto Paraguai) (III E1) (Figura 13).

A subunidade do tipo mesotérmico úmido dos baixos planaltos e depressões apresenta precipitação média anual entre 1400 e 1600 mm anuais, enquanto que o mesotérmico subúmido das depressões e pantanais, pertencente aos domínios da depressão do alto Paraguai, apresenta estiagem rigorosa e elevadas taxas de débitos

pluviométricos dado entre os meses de abril a novembro, com precipitação média entre 1300 a 1400 mm, e concentra também temperatura média anual de 26° C.

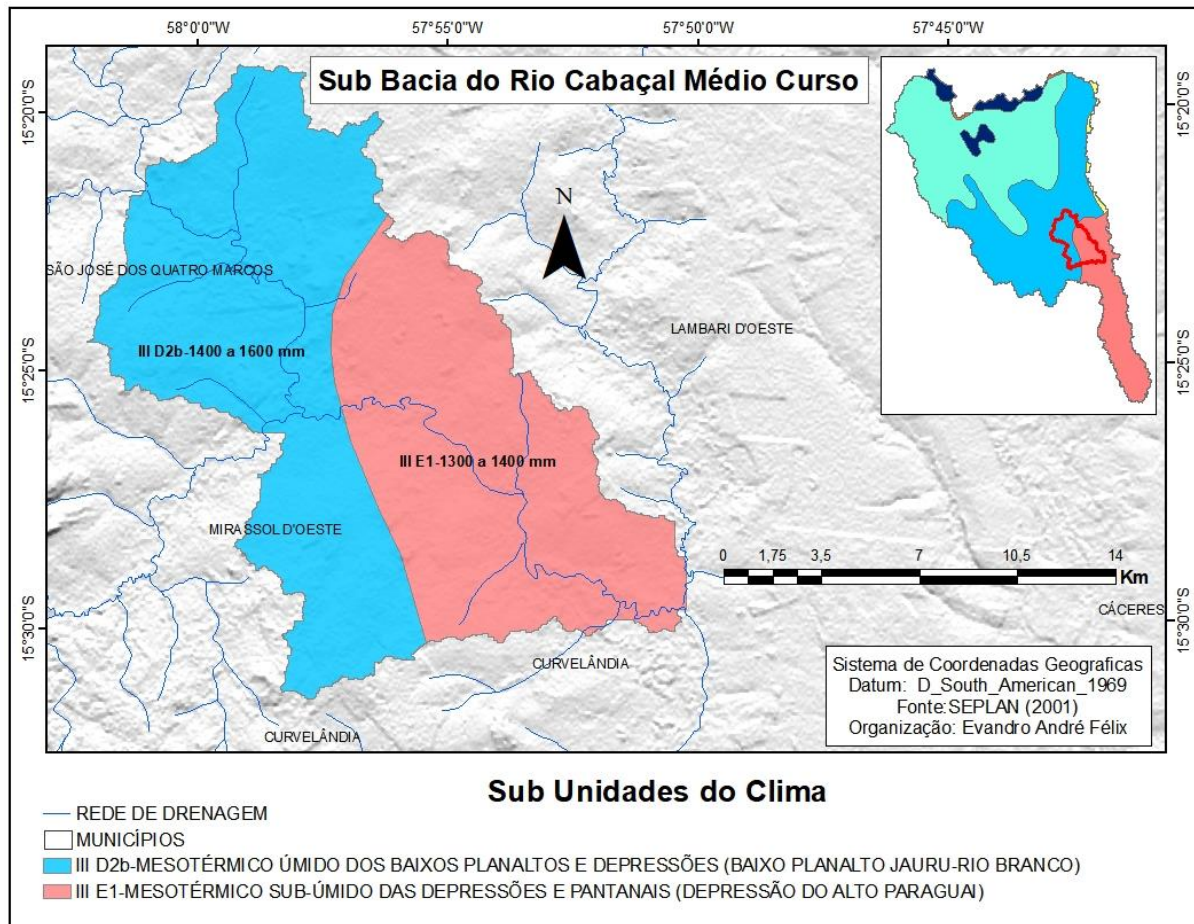


Figura 13-Sub-bacia do rio Cabaçal médio Curso: Variações do Clima

Unidades pedológicas

Os dados mostram predominância dos Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos, Latossolos Vermelhos Eutróficos e Neossolos Flúvicos Tb Distróficos (próximo ao canal principal) (Tabela 13 e Figura 14). A maior ocorrência de latossolos e argissolos e suas características topográficas e pedológicas favorecem a atividade agrícola marcada principalmente pela atividade canvieira.

Tabela 13-Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: unidades pedológicas

Nº	Unidades pedológicas	Area Km ²	%
01	LVd-Latossolos Vermelhos Distróficos	6,76	2,88
02	LVe-Latossolos Vermelhos Eutróficos	90,13	38,38
03	PVAe-Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos	26,42	11,25
04	PVAe-Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos	71,58	30,48
05	RYbd-Neossolos Flúvicos Tb Distróficos	39,93	17,00
Total		234,91	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da SEPLAN-MT (2001)

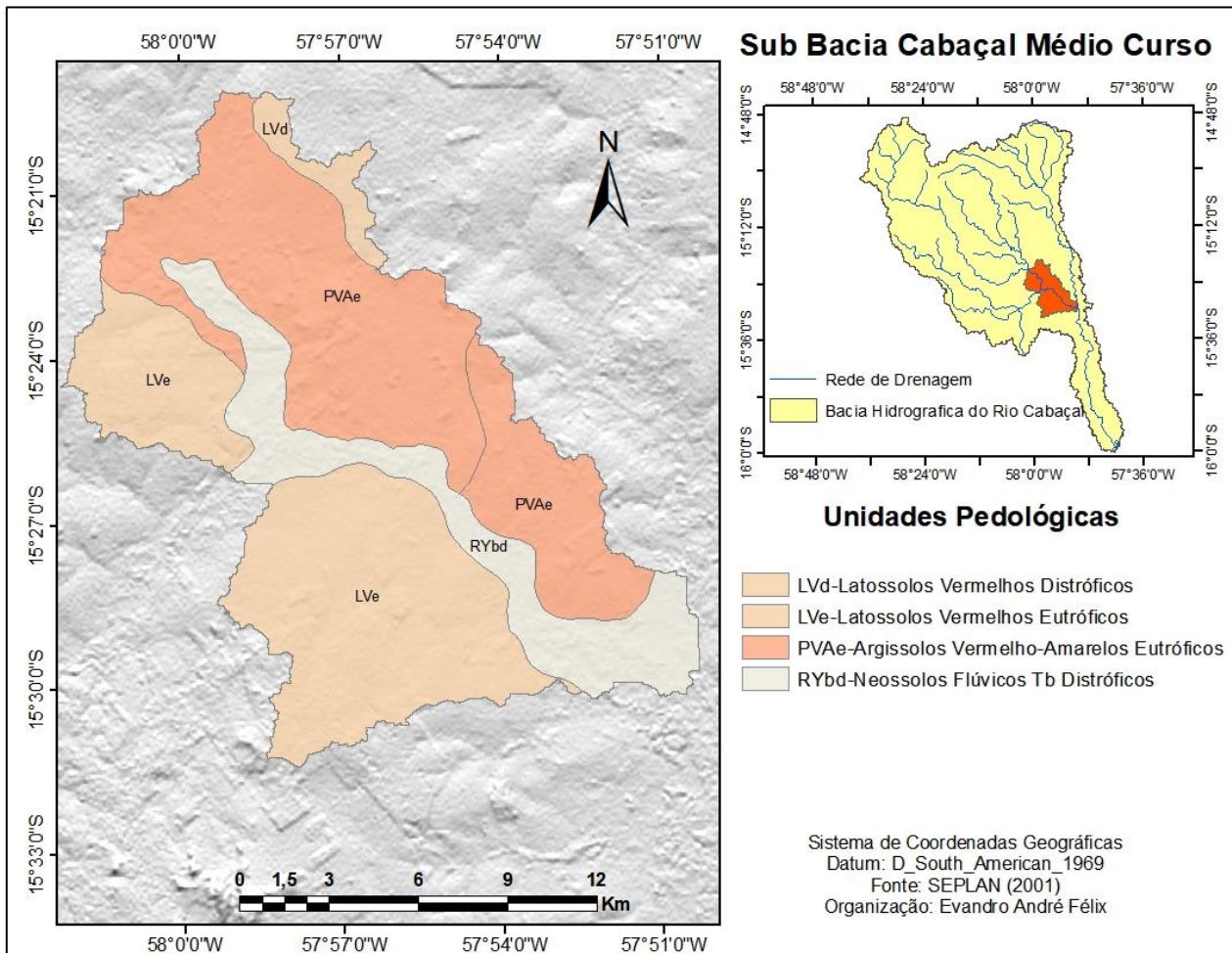


Figura 14-Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: unidades pedológicas

De modo geral, os latossolos são altamente evoluídos e compostos por material mineral, sendo caracterizados pelo avançado estágio de intemperização, que promove intensas transformações do material de origem (rocha, matriz). São virtualmente desprovidos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo (JACOMINE, 2008-2009, p. 169). De modo geral, são solos muito profundos e variam de fortemente a bem drenados, ocorrendo predominantemente sobre superfícies erodidas antigas e terraços fluviais antigos, normalmente sob relevos planos e suaves ondulados (EMBRAPA, 2014).

Os neossolos são constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B

diagnóstico. Também não apresentam alterações significativas em relação ao material de origem em virtude da baixa intensidade da atuação dos processos pedogenéticos.

Morfologia e morfometria

A sub-bacia tem área de 234,9 km² e perímetro de 119,4 metros. A extensão da rede de drenagem é de 631,24 km, (Tabelas 14 e 15). O nível de ramificação confere a sub bacia hierarquia de 8^a ordem (Figura 15) em relevos planos e suaves, com altimetria que varia entre 91 e 150 metros.

Conforme a análise apresentada a seguir, nota-se que os aspectos ambientais que integram a paisagem apresentam índices morfológicos e morfométricos moderados.

Tabela 14- Dados morfométricos da sub-bacia do Rio Cabaçal médio curso

Parâmetro	Cabaçal médio curso
Área de drenagem - A (km ²)	234,9
Perímetro - P (km)	119,4
Ordem	8 ^o
Altitude máxima (m)	256
Altitude mínima (m)	136
Comprimento da bacia	25,07
Comprimento total dos canais	631,24
Número total de canais	728
Comprimento do canal principal (Km)	43,86
Número de nascentes	561
Linear	
Relação de bifurcação - Rb (Nt/km ²)	4,45
Gradiente de canais	5,83%
Índice de sinuosidade – Is	1,74
Areal	
Fator de forma – Kf	0,37
Coeficiente de compacidade – Kc	2,1813
Índice de circularidade – Ic	0,2071
Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	2,6872
Densidade hidrográfica – Dh (canais/ km ²)	3,0991
Coeficiente de manutenção - Cm (m ² /m)	373,13
Parâmetros hipsométricos	
Relação de relevo – Rr m/K	4,78
Índice de rugosidade – Ir	315,48
Razão de textura Rt	4,6984

Elaborado pelo autor.

Tabela 15 - Número de canais por ordem hierárquica

Ordem	Número de canais por ordem	
	Total	%
1 ^a	561	77,06
2 ^a	126	17,31
3 ^a	26	3,57
4 ^a	10	1,37

5 ^a	1	0,14
6 ^a	1	0,14
7 ^a	2	0,27
8 ^a	1	0,14

Elaborado pelo autor.

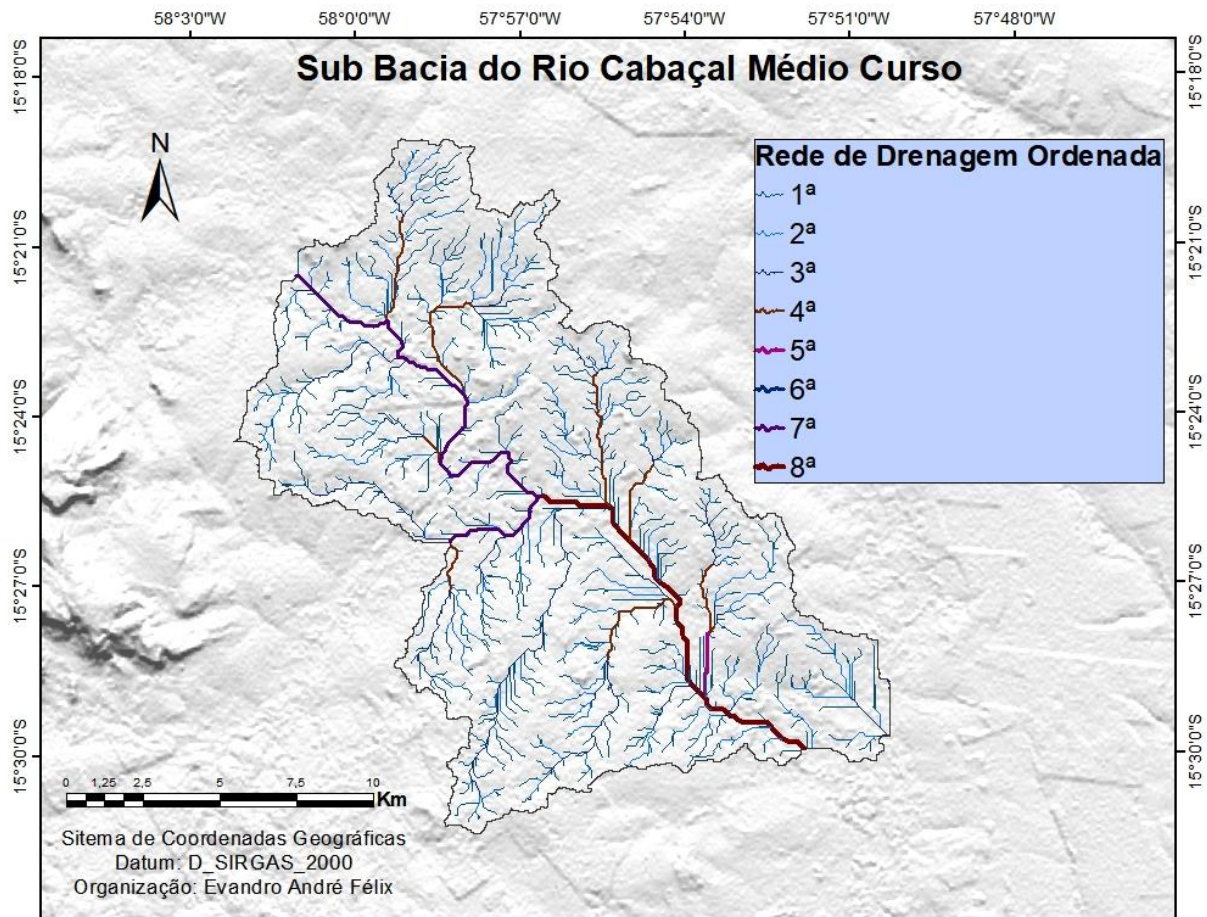


Figura 15- Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: rede de drenagem ordenada

Os dados de lineares apontam para uma rede de drenagem com declive acentuado, uma vez que o gradiente de canais foi de 5,83 %. Esta capacidade de escoamento é reforçada pela relação de bifurcação de 4,45, mostrando a capacidade de drenagem da sub-bacia. O índice de sinuosidade obtido para a sub-bacia foi de 1,74, classificando o canal principal como de alta sinuosidade (padrão meandrante), "(...) considerando que a gênese e mobilidade dos meandros estão relacionadas principalmente ao tipo de fluxo, às condições da margem (material parental e área úmida) e a declividade" (STEVANUX e LATRUBESSE, 2017), com gradiente de canais (5,83 %) que potencializa o escoamento, e processos de uso e ocupação que impermeabilizam as áreas a montante, fazendo com que haja aumento do escoamento superficial e,

consequentemente, enchentes fora dos padrões naturais, podendo acelerar o processo de migração dos meandros.

A análise areal apresenta o fator de forma de 0,37 e índice de circularidade de 9,20. A bacia tem formato próximo a um retângulo. Mesmo distante do formato alongado, o índice de compacidade de 2,18 indica que a bacia é pouco propensa a inundações, se consideradas condições normais de precipitação e uso da terra em seu perímetro. Sobre os processos de uso da terra, Silva (2016) encontrou evidências intrínsecas da relação entre as alterações no uso da terra, que aumentaram a impermeabilização do solo, com o aumento na vazão no córrego do Parque (SP), levando aos primeiros eventos de inundações na bacia. Nesta mesma perspectiva, dados preliminares da estação (ANA) de monitoramento do rio Cabaçal apontam para um aumento da vazão média anual, proporcionalmente ligada à retirada da cobertura vegetal e à redução da permeabilidade da terra via compactação do solo.

A densidade de drenagem é de 2,68 km de drenagem por km² e densidade hidrográfica de 3,09 canais por km² de área. Os altos valores de Dd e Dh atribuem à sub-bacia a menor taxa de manutenção de canais, requerendo 373,13 m² de área para manter um metro de canal fluvial. Stevaux e Latrubesse (2017) destacam que a densidade de drenagem apresenta relação inversa ao coeficiente de manutenção, sendo que quanto maior for os valores de Dd , menor será a área necessária à manutenção de canais.

Com relevo predominantemente plano e suave (Tabela 16 e Figura 17), a análise dos dados hipsométricos aponta para desnível de 4,78 metros a cada quilometro linear, influenciando o índice de rugosidade de 315,48 e apresentando declives moderados, vertentes pouco dissecadas e rios pouco entalhados. O índice de razão de textura de 4,69 mostra ainda que a sub-bacia também apresenta relevo de textura fina, como observado no perfil topográfico (Figura 16). Os aspectos ambientais (geologia, solo e relevo) observados na sub-bacia apresentam-se como fatores de equilíbrio em relação à vulnerabilidade provocada pela erosão hídrica, pois a bacia apresenta solos argilosos com maior resistência à ação mecânica das águas. Por outro lado, os parâmetros morfométricos, como a densidade de drenagem, textura topográfica fina, reduzido coeficiente de manutenção e elevado gradiente de canais, podem desencadear processos de degradação dos canais com o uso adequado do solo.

Tabela 16 - Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: classificação do relevo

Classificação do relevo	Decl	A/km ²	%
Plano	0 - 3%	128,61	54,75
Suave	3 - 8%	99,29	42,27
Ondulado	8 - 20%	6,98	2,97
Forte ondulado	20 - 45%	0,03	0,01
Montanhoso	45 - 75%	-	-
Escarpado	> 75%	-	-

Elaborado pelo autor

Perfil topográfico

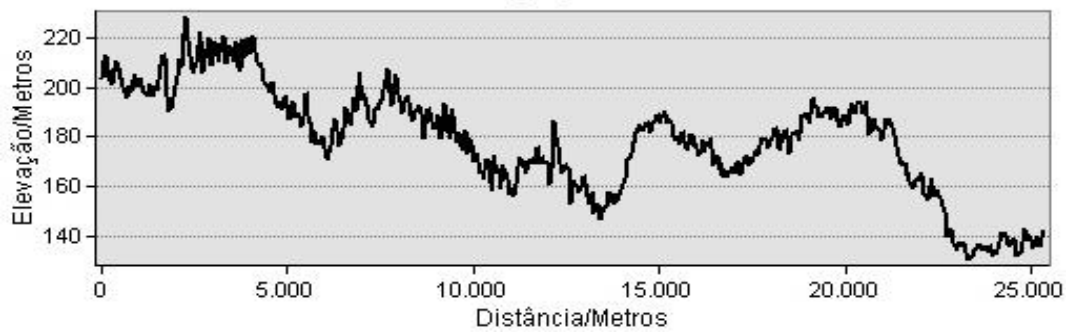


Figura 16: Perfil topográfico: Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso

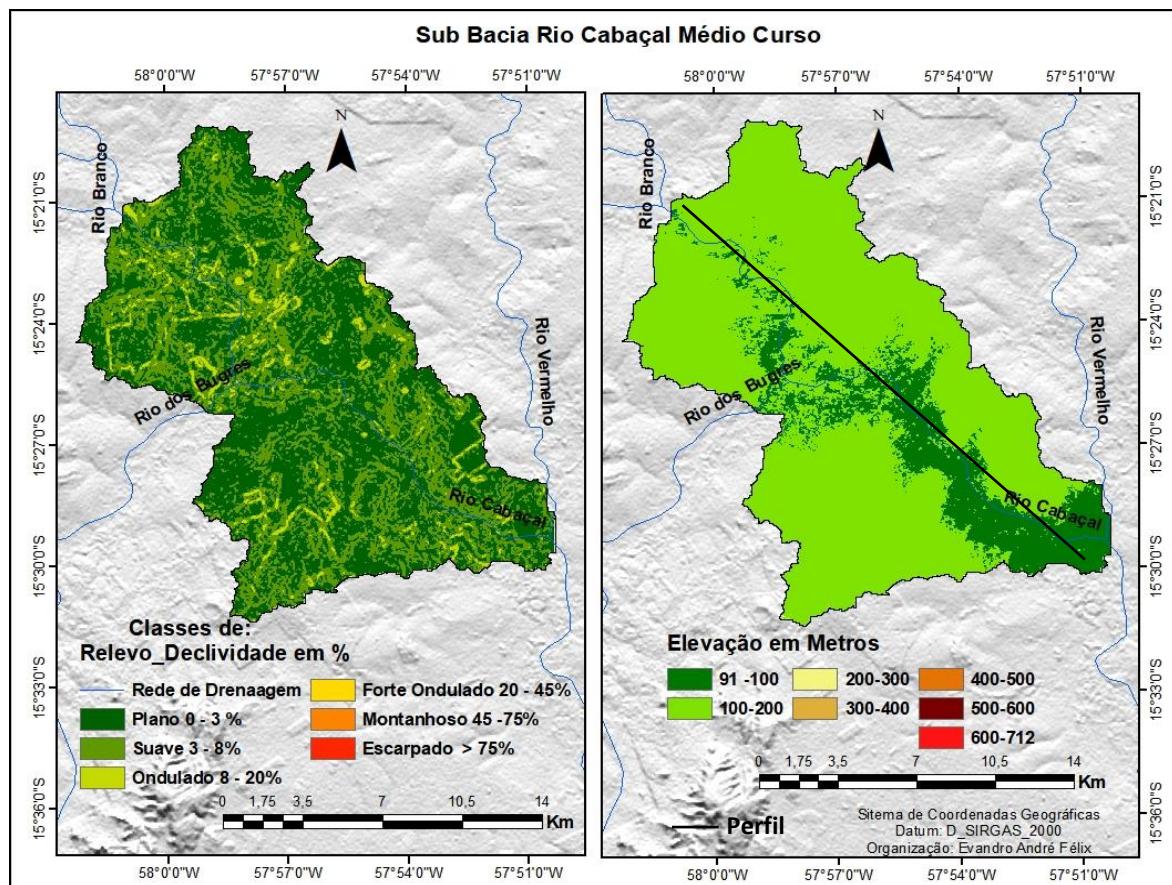


Figura 17 - Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso: classificação do relevo e elevação

4.1.3 Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso

Com área ocupada por 59 % de pastagem (Tabela 17) a sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso é constituída por três unidades geológicas, quatro níveis de relevo sob duas variações de clima, em que se desenvolvem três tipos principais de solos. Composta essencialmente por planícies aluviais e fluviais caracterizadas por grandes áreas úmidas dispõe de apenas 35% de vegetação remanescentes, com elevado índice de alteração antrópica, consolidando crescimento de áreas de pastagem, sobre a vegetação remanescente, sob domínios de ampla diversidade ambiental de acordo com caracterização a seguir.

Tabela 17-Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: percentual de uso e cobertura 2014

Tipo de uso e cobertura	Área/km²	%
Agricultura	4,704	0,727
Alteração Antrópica	24,769	3,829
Pastagem	381,761	59,021
Influência urbana	-	-
Reflorestamento	8,350	1,291
Vegetação Remanescente	227,020	35,098
Água	0,219	0,034
Total	646,822	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil (2015)

Unidades geológicas

A sub-bacia é basicamente composta por formações geológicas Araras (membro superior) e formação Pantanal (fácies terraços aluvionares) (Tabela 18 e Figura 18).

Tabela 18- Sub-bacia do rio Cabaça baixo curso: unidades geológicas

Nº	Unidades geológicas	Area km²	%
01	Araras, membro superior	44,12	6,82
02	Depósitos aluvionares	281,66	43,55
03	Pantanal - fácies terraços aluvionares	321,04	49,63
Total		646,82	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do CPRM (2004)

Os depósitos aluvionares são constituídos de areia, areia quartzosa, cascalho, silte e argila. Para Avelino (2006), esta formação representa o último nível da formação pantanal: “constituído por uma planície mais rebaixada, tem como formadores os depósitos irregulares silticos-argilosos grosseiros, depositados recentemente pelo rio Cabaçal. Sendo datada do período Quaternário/Holoceno, encontra-se disposta no sentido NO/SE da bacia, ocupando a porção central (alongada) do baixo curso.

O canal principal de padrão meandrante e trechos anastomosados corroboram com a descrição da rede de drenagem CPRM (2014). De acordo com Christofolletti (1980), a rede de drenagem apresenta padrão dendrítico anastomosado, com presença de canais que se bifurcam e confluem de maneira aleatória, típico de planícies de inundação.

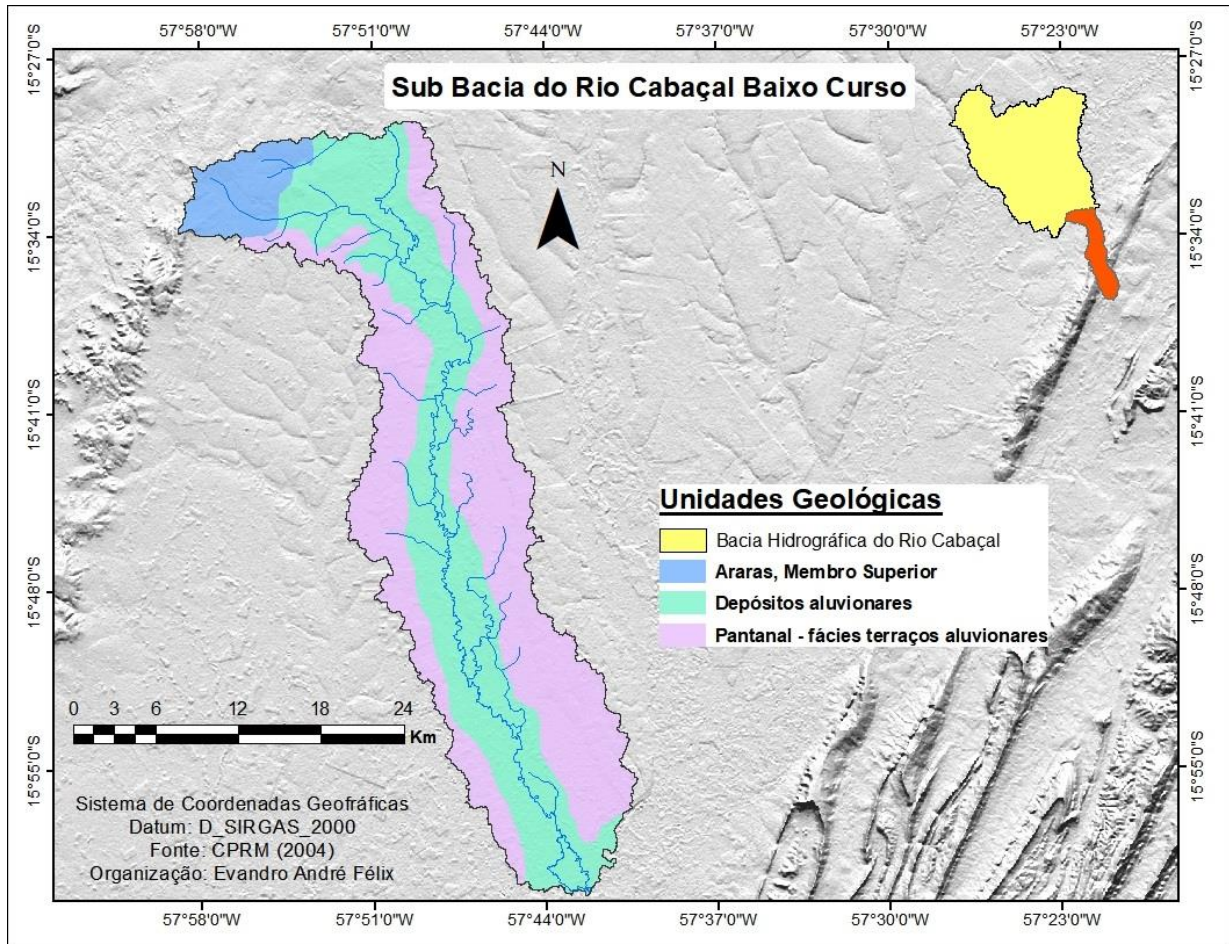


Figura 18-Sub-bacia do rio Cabaçal: unidades geológicas

Unidades do relevo

Seguindo a distribuição das unidades geológicas, o relevo da sub-bacia é constituído pela unidade dos terraços fluviais e planície flúvio-lacustre (Tabela 19 e Figura 19), com topografia plana.

Tabela 19 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: distribuição das unidades do relevo

Nº	Unidades do relevo	Area km ²	%
01	Domínio de morros e serras baixas	1,69	0,26
02	Planícies fluviais ou flúvio-lacustres	281,66	43,55
03	Superfícies aplainadas conservadas	42,43	6,56
04	Terraços fluviais	321,04	49,63
Total		646,82	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do CPRM (2004)

O compartimento geomorfológico das planícies fluviais ou flúvio-lacustres está localizado na porção central da sub-bacia (Figura 19). Disposta no sentido N/S, a unidade representa relevos planos e áreas alagáveis. Composto por sedimentos arenosos sob depósitos recentes, constitui planície flúvio-lacustre ou superfície de acumulação.

De configuração topográfica plana e litologia sedimentar composta por sedimentos pouco consolidados depositados em meio aquoso, apresenta grande potencial, tanto de recarga como de descarga das águas subterrâneas, por isso tem grande importância hidrogeológica. Sob seus domínios, a drenagem segue o padrão sinuoso, com trechos do canal principal de padrão anastomosados.

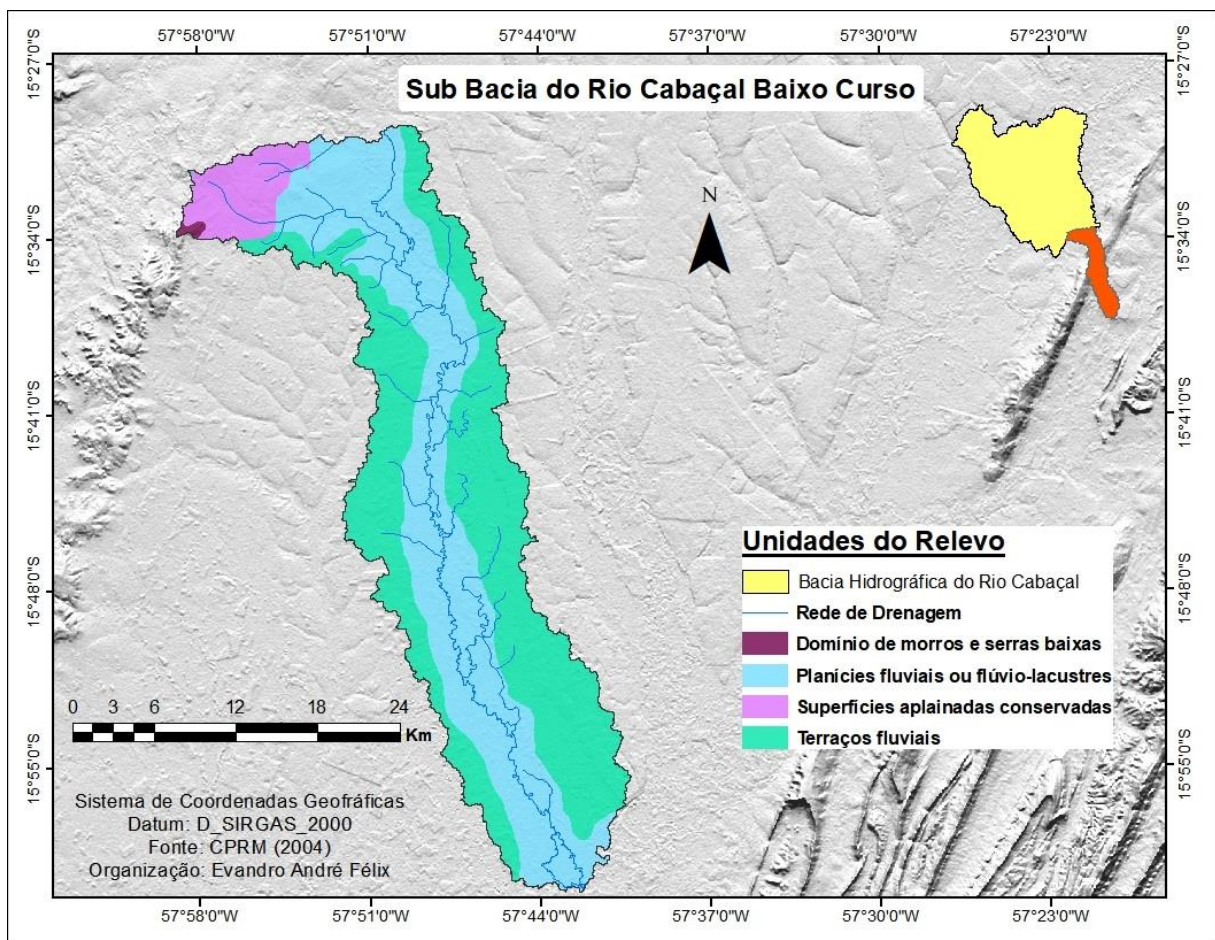


Figura 19-Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: unidades do relevo

Variações do clima

Conforme SEPLAN (2001) (Figura 20), nos domínios da sub-bacia, prevalece quase que na totalidade o clima mesotérmico subúmido das depressões e pantanais. Pertencente aos domínios da depressão do alto Paraguai, esta unidade climática compreende toda a extensão do baixo curso da bacia hidrográfica. Sua principal

característica é o rigoroso período de estiagem, com média de oito meses e precipitação média anual de 1300 a 1400 mm no período de abril a novembro; concentra também as maiores temperaturas de toda a bacia, com média anual de 26° C.

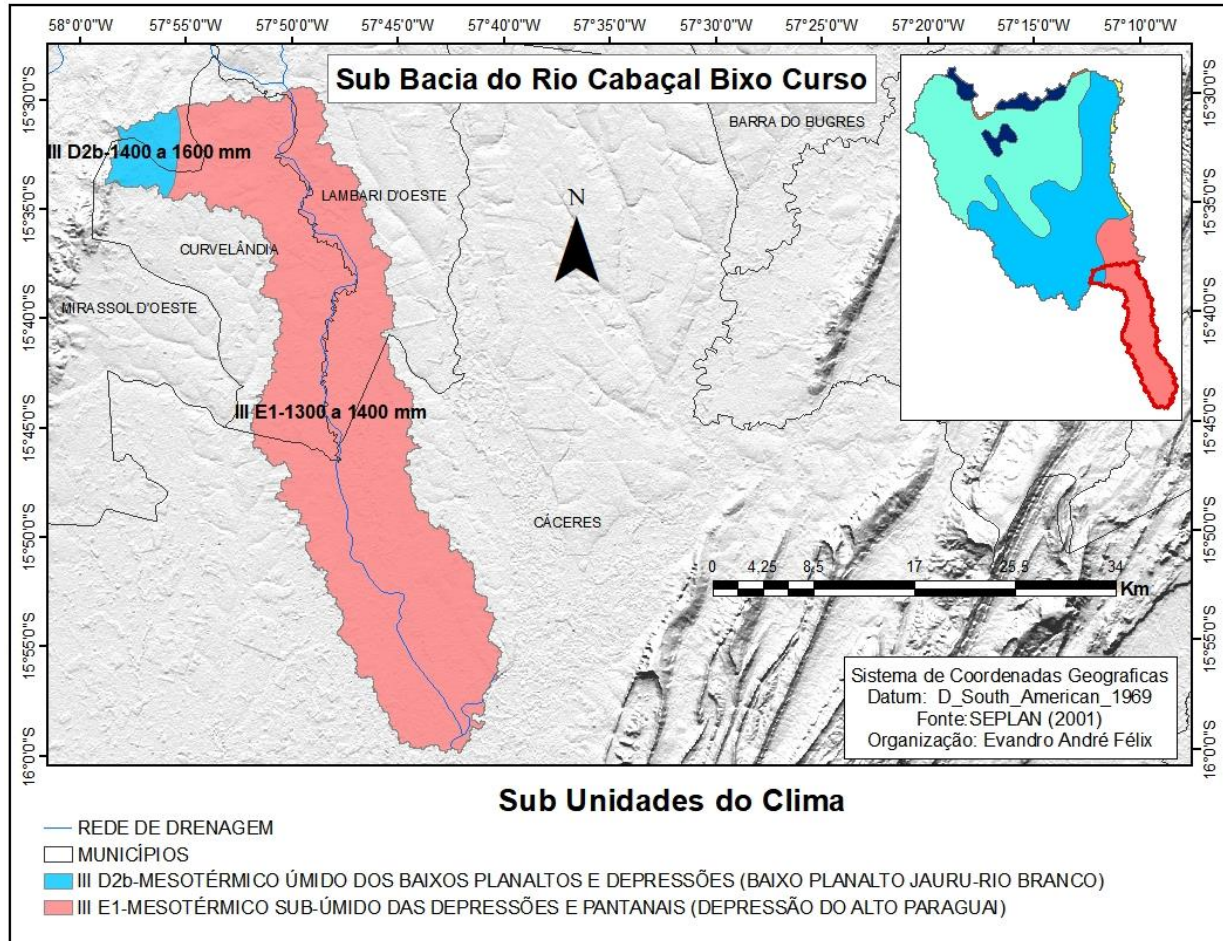


Figura 20 - Sub-bacia do rio Cabaçal: variações do clima

Unidades pedológicas

Conforme levantamento pedológico da Seplan (2001), a sub-bacia conta com solos Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Neossolo Flúvico Tb Distrófico, que se estendem por mais de 40% da área (Tabela 20). No uso da terra, predomina a pecuária.

Tabela 20 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: percentuais de unidade pedológicas

Nº	Unidade pedológicas	Area Km ²	%
01	LVAAd-Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos	138,11	21,40
02	LVE-Latossolos Vermelhos Eutróficos	74,60	11,56
03	PVAAd-Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos	117,95	18,28
04	RLE-Neossolos Litólicos Eutróficos	0,18	0,03
05	RYbd-Neossolos Flúvicos Tb Distróficos	314,43	48,73

Total	646,82	100
--------------	--------	-----

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da SEPLAN-MT (2001)

Os Neossolos Flúvicos encontram-se nos domínios da planície fúlvio-lacustres (Figura 21). São solos minerais não hidromórficos, originários de sedimentos recentes do período Quaternário. Têm composição dada pela sobreposição de camadas de sedimentos aluviais recentes sem relações pedogenéticas entre elas, decorrentes do desenvolvimento pedogenético. Possuem cores e texturas bastante diversificadas, podendo ser distróficos, eutróficos, ácidos, dessaturados de bases e com argilas de baixa atividade (EMBRAPA, 2014).

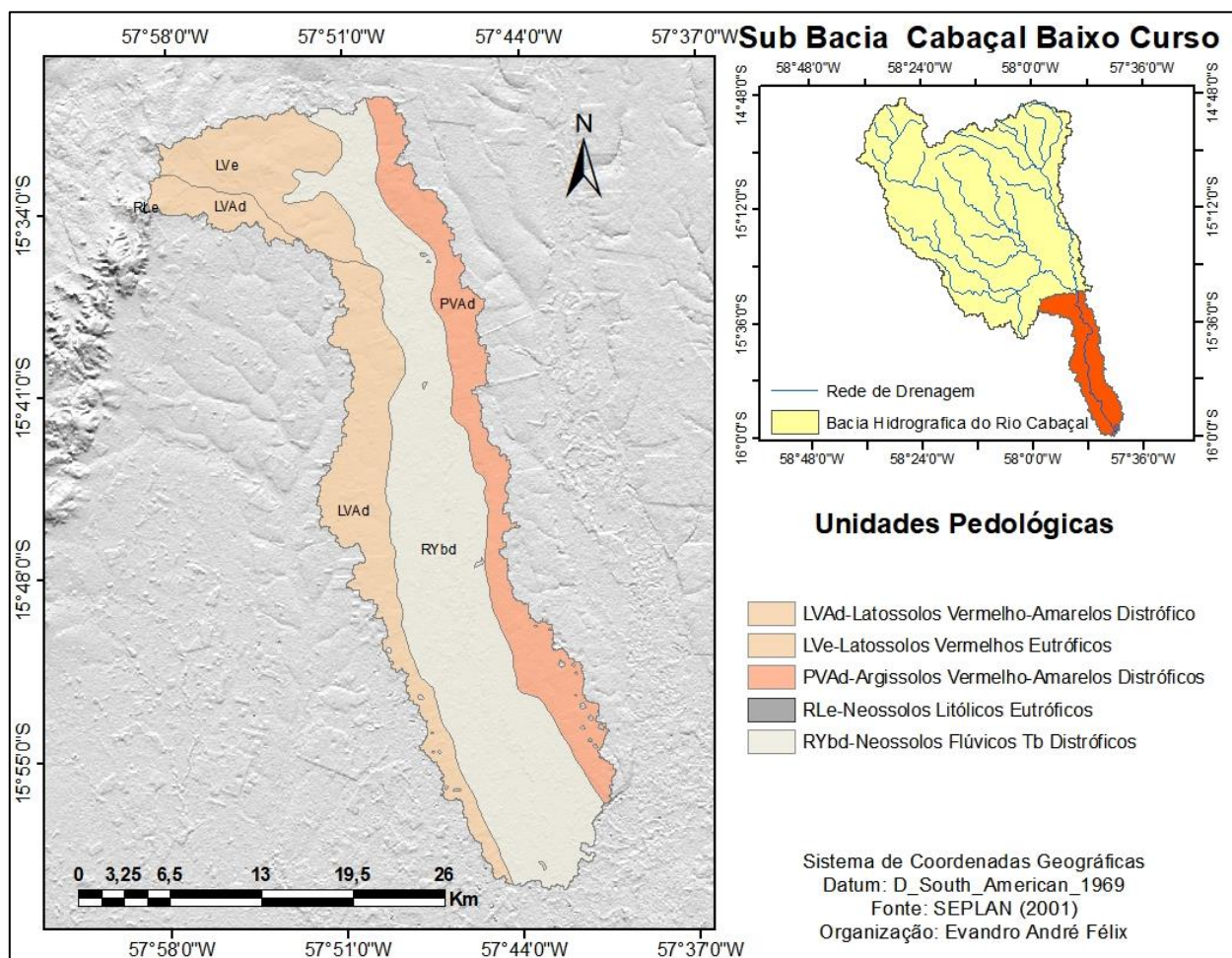


Figura 21 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: unidades pedológicas

Morfologia e morfometria

A sub-bacia tem área de 646,82 km², concentrando a drenagem dos rios Cabaçal, Bugres, Branco e Vermelho em um perímetro de 272,05 km, e canais que totalizam 1.597,82 km de rede de drenagem de 1^a a 8^a ordem (Tabelas 21 e 22 e Figura 22)

Tabela 21-Dados morfométricos da sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso

Parâmetro	Cabaçal baixo curso
Área de drenagem - A (km ²)	646,82
Perímetro - P (km)	272,05
Ordem	8 ^a
Altitude máxima (m)	365
Altitude mínima (m)	107
Comprimento da bacia	58,2
Comprimento total dos canais	1.597,82
Número total de canais	1.825
Comprimento do canal principal (Km)	98,16
Número de nascentes	1.412
Linear	
Relação de bifurcação - Rb (Nt/km ²)	4,58
Gradiente de canais	3,71%
Índice de sinuosidade – Is	1,68
Areal	
Fator de forma – Kf	0,19
Coefficiente de compacidade – Kc	2,9951
Índice de circularidade – Ic	0,1098
Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	2,4702
Densidade hidrográfica – Dh (canais/ km ²)	2,8261
Coefficiente de manutenção - Cm (m ² /m)	404,85
Parâmetros hipsométricos	
Relação de relevo – Rr m/K	4,48
Índice de rugosidade – Ir	637,27
Razão de textura Rt	5,1902

Elaborado pelo autor.

Tabela 22-Numero de canais por ordem hierárquica

Ordem	Cabaçal baixo curso	
	Total	%
1 ^a	1.412	77,24
2 ^a	308	16,85
3 ^a	78	4,27
4 ^a	23	1,26
5 ^a	5	0,27
6 ^a	0	0
7 ^a	1	0,05
8 ^a	1	0,05

Elaborado pelo autor.

A análise linear aponta a bifurcação de 4,58 e gradiente de canais de 3,71 %, mostrando que a sub-bacia tem boa capacidade de escoamento. O índice de sinuosidade obtido foi de 1,68. Segundo a classificação de Riccomini et al (2003), este valor é

atribuído a canais meandrantos, no entanto a sub-bacia também apresenta trechos com padrão entrelaçado devido à existência de canais secundários e à formação de barras e de pequenas ilhas. Com percurso de 98,16 km, o canal principal registra gradiente de 3,71% de declividade sobre relevo predominantemente plano (0 a 3 %), correspondendo à planície fluvial.

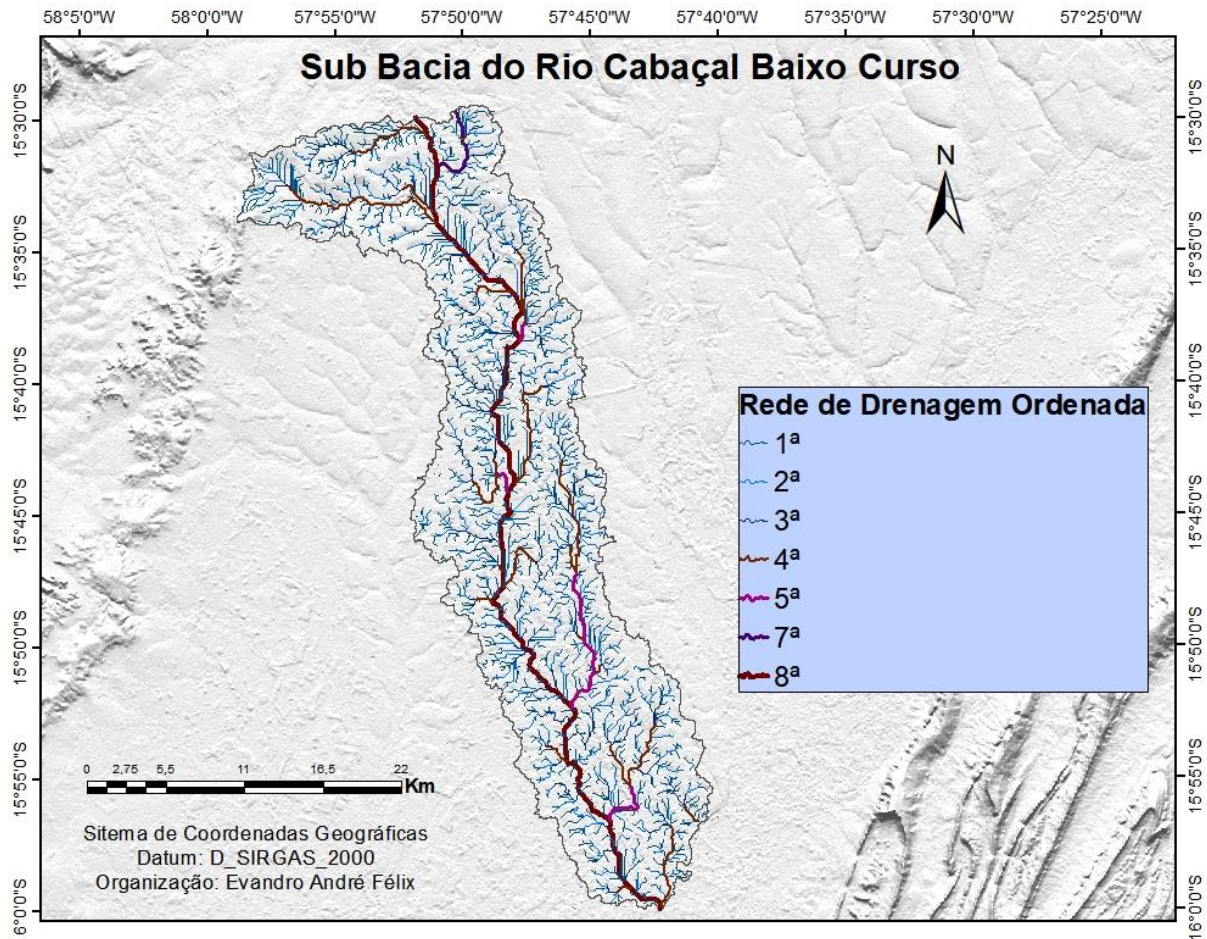


Figura 22 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: rede de drenagem ordenada

Com formato alongado (fator de forma de 0,19) e coeficiente de compacidade de 2,99 a sub-bacia é pouco propensa a inundações. A densidade de drenagem é de 2,47 km/km² e hidrográfica de 2,82 canais por Km², tornando evidente sua elevada capacidade de escoamento, sendo, portanto, pouco suscetível a inundações em condições normais de precipitação. O percentual de área necessária para manter um metro de canal foi de 404 metros², refletindo bom índice de drenagem da bacia.

A análise hipsométrica, por sua vez (Figuras 23 e 24), aponta para uma relação de relevo de 4,48 metros a cada quilômetro e índice de rugosidade de 637,26, demonstrando

relevos planos e canais de maior comprimento, que refletem áreas típicas de planície. A razão de textura de 5,19 aponta para o pequeno intervalo entre um canal e outro, atribuindo textura fina à sub-bacia, refletindo ainda elevado índice de densidade de drenagem.

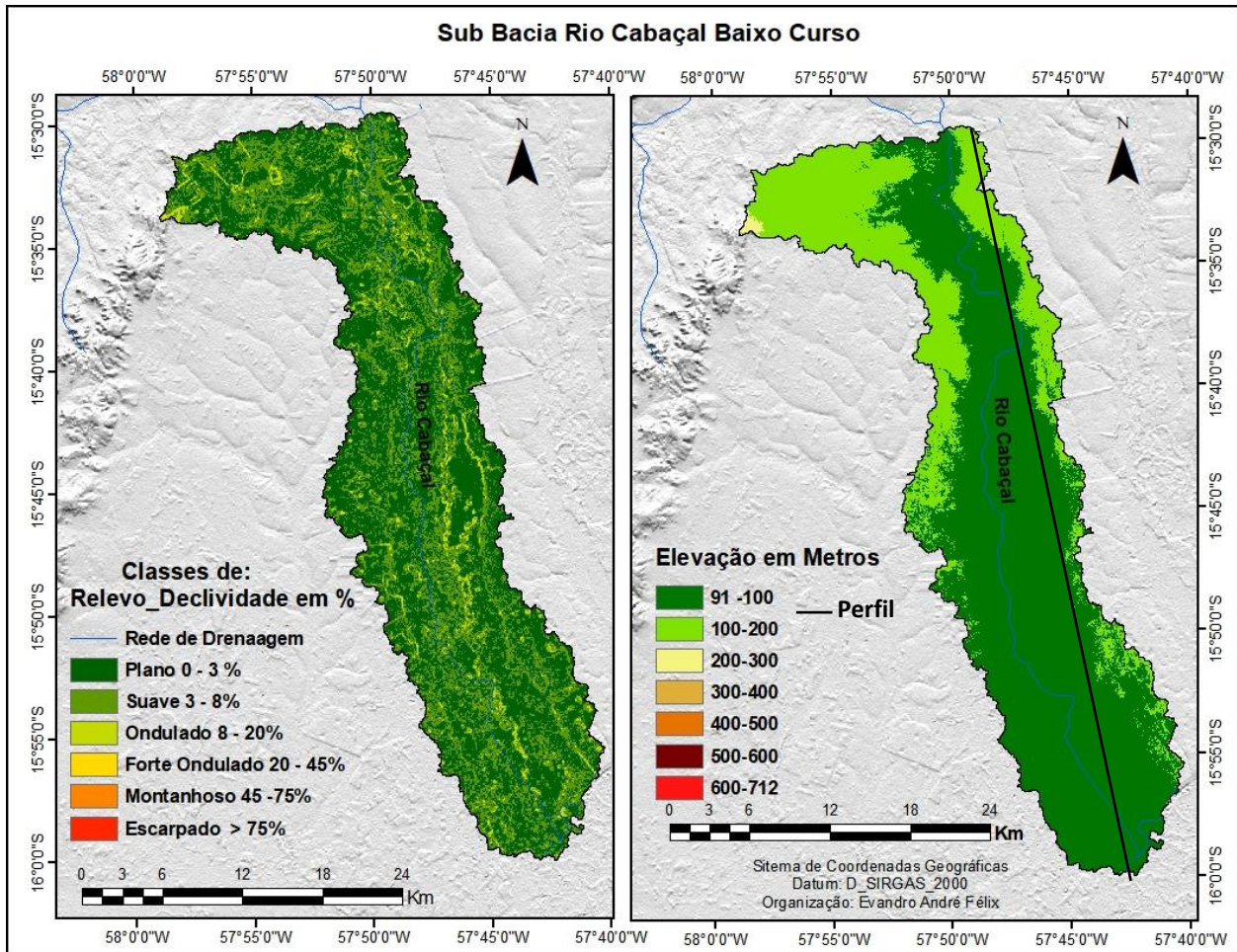


Figura 23 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: declividade e elevação

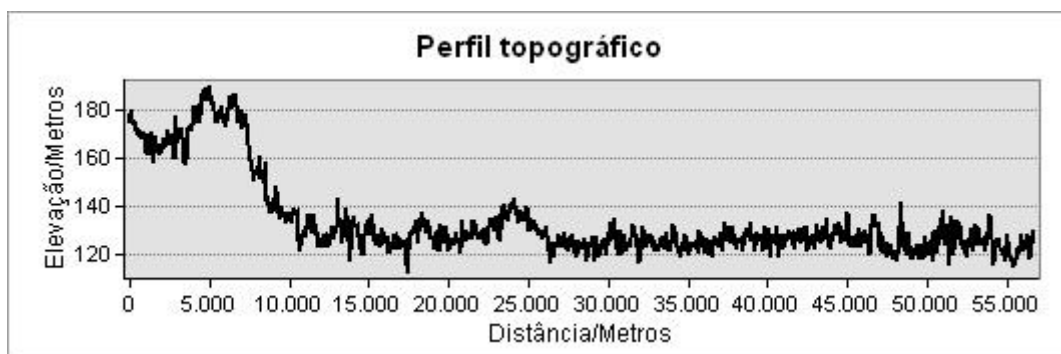


Figura 24-Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: perfil topográfico

Compreendida sob domínios tipicamente sedimentares de agregados pouco e moderadamente consolidados, depositados em meio aquoso ou sobre terraços fluviais, a

sub-bacia tem solos areno-siltico-agilosos, sobre os quais se desenvolve a atividade pecuária. Considerando a baixa estabilidade do material geológico e pedológico, pode-se atribuir, neste caso, estabilidade ambiental ao fator topográfico, com 62,78 % de sua área composta por topografia plana (Tabela 23). A rede de drenagem escoar por canais de velocidade moderada. Por outro lado, a ampla rede de drenagem e solos de alta permeabilidade e umidade tornam estas áreas suscetíveis à degradação por contaminação química (defensivos agrícolas e resíduos domésticos/industriais).

Tabela 23 - Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso: percentuais de classes do relevo

Classificação do relevo	Decl	A/km²	%
Plano	0 - 3%	405,66	62,78
Suave ondulado	3 - 8%	225,87	34,96
Ondulado	8 - 20%	14,59	2,26
Forte Ondulado	20 - 45%	0,05	0,01
Escarpado	45 - 75%	-	-
Forte escarpado	> 75%	-	-

Elaborado pelo autor.

4.1.4 Sub-bacia do rio Branco

A sub-bacia do rio Branco está localizada na porção centro/norte da bacia do rio Cabaçal, dispo de estrutura geológica predominante composta pelas formações Fortuna e Vale da Promissão (Tabela 24 e Figura 25). De acordo com levantamento do uso e cobertura da terra realizado pelo Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil (2015) no ano de 2014, a sub-bacia contava com 72,43% de suas áreas ocupada pela atividade pecuária, restante apenas 25 % de vegetação remanescente.

Tabela 24- Sub-bacia do rio Branco unidades geológicas

Nº	GEOLOGIA	Area_ km²	%
01	Depósitos aluvionares	10,23	0,99
02	Fortuna	337,50	32,73
03	Pantanal - fácies terraços aluvionares	5,55	0,54
04	Rio Branco	146,27	14,18
05	Utariiti	69,21	6,71
06	Vale da Promissão	462,45	44,84
Total		1.031,26	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do CPRM (2004)

A formação Fortuna (grupo Aguapeí) é constituída de metaconglomerado oligomítico com seixos de quartzo e quartzitos em matriz sericítica. Caracterizada como sendo unidade basal da cobertura sedimentar do grupo Aguapeí, é constituída de arenitos e conglomerados, depositados em ambiente fluvial entrelaçado (CPRM, 2004) (BAHIA e PEDREIRA, 2007, p. 275). Sua área de ocorrência se dá na porção central do alto curso,

onde compõe a sub-bacia do rio Branco. Para Oliveira (2017), a drenagem tem padrão de subparalelos, com canais encaixados no entalhe do relevo e tem canais predominantemente retilíneos em quase toda a extensão da formação. O autor acrescenta ainda que os córregos originados na formação apresentam vazão reduzida

Integrando também o grupo Aguapeí, a formação Vale da Promissão é composta por metassiltito, ardósia e metargilito com metarenito subordinado (CPRM, 2004). A formação representa ainda “uma cunha de sedimentos marinhos, composta de arenitos e pelitos intercalados, com características de plataforma marinha rasa” (BAHIA e PEDREIRA, 2007, p. 276). Está localizada na porção central do alto curso da bacia hidrográfica, disposta no sentido N/S. Tem padrão de drenagem dendrítico subparalelo, recebendo tributários retilíneos. Oliveira (2017) destaca ainda que no geral os terrenos menos ondulados da bacia dão origem a canais do tipo meandrante encaixado, com trechos intermediários entre os retilíneos e meandrantas.

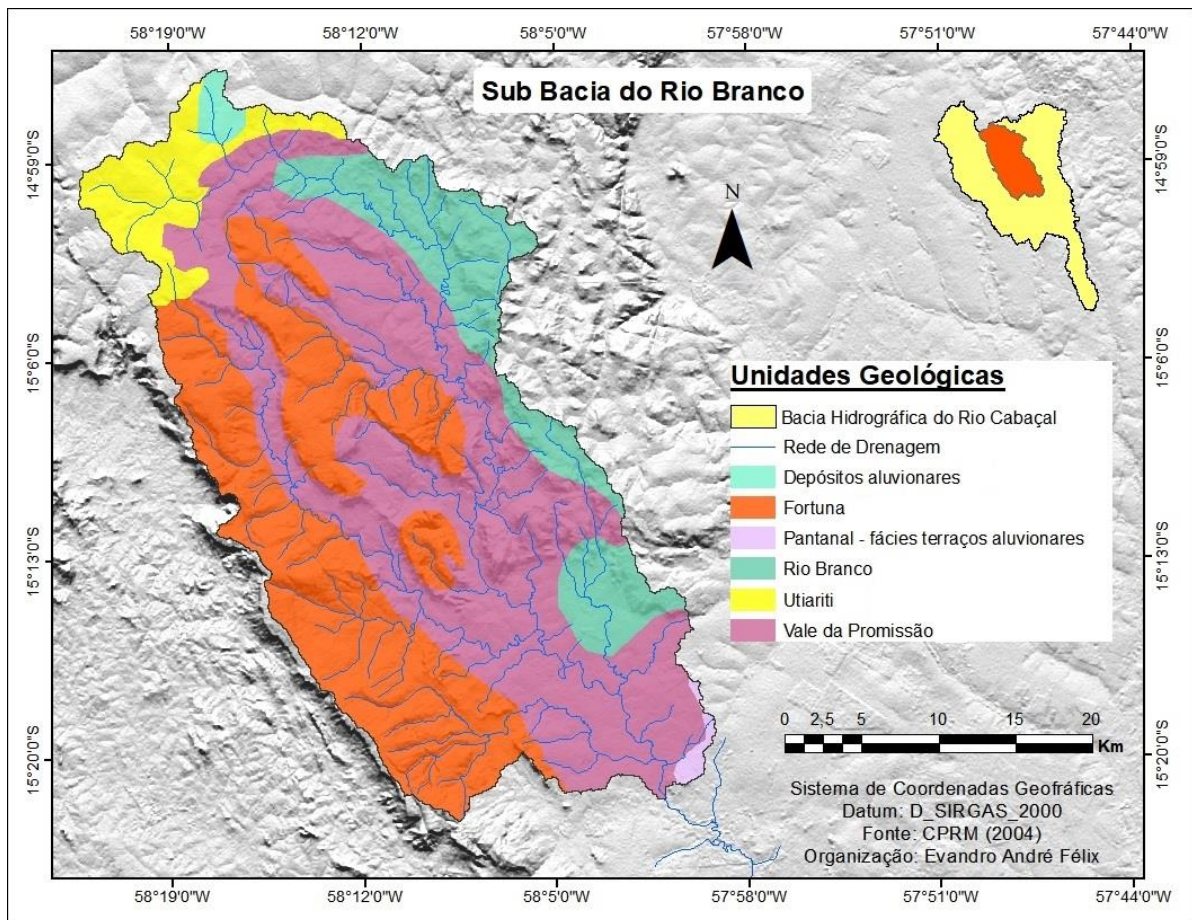


Figura 25-Sub-bacia do rio Branco: unidades geológicas

Unidade do relevo

Na sub-bacia destaca-se a unidade dos degraus estruturais e rebordos erosivos (áreas íngremes), que ocupa 57,81% da área; planalto dos Parecis com 24,18% e superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (16,48%) (Tabela 26 e Figura 26).

Tabela 25 - Sub-bacia do rio Branco: percentuais das unidades do relevo

Nº	RELEVO	Area km ²	%
01	Degraus estruturais e rebordos erosivos	596,15	57,81
02	Domínio de colinas dissecadas e morros baixos	0,10	0,10
03	Planaltos dos Parecis	249,32	24,18
04	Planícies fluviais ou flúvio-lacustres	10,23	0,99
05	Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas	169,96	16,48
06	Terraços fluviais	5,55	0,54
Total		1.031,26	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do CPRM (2004)

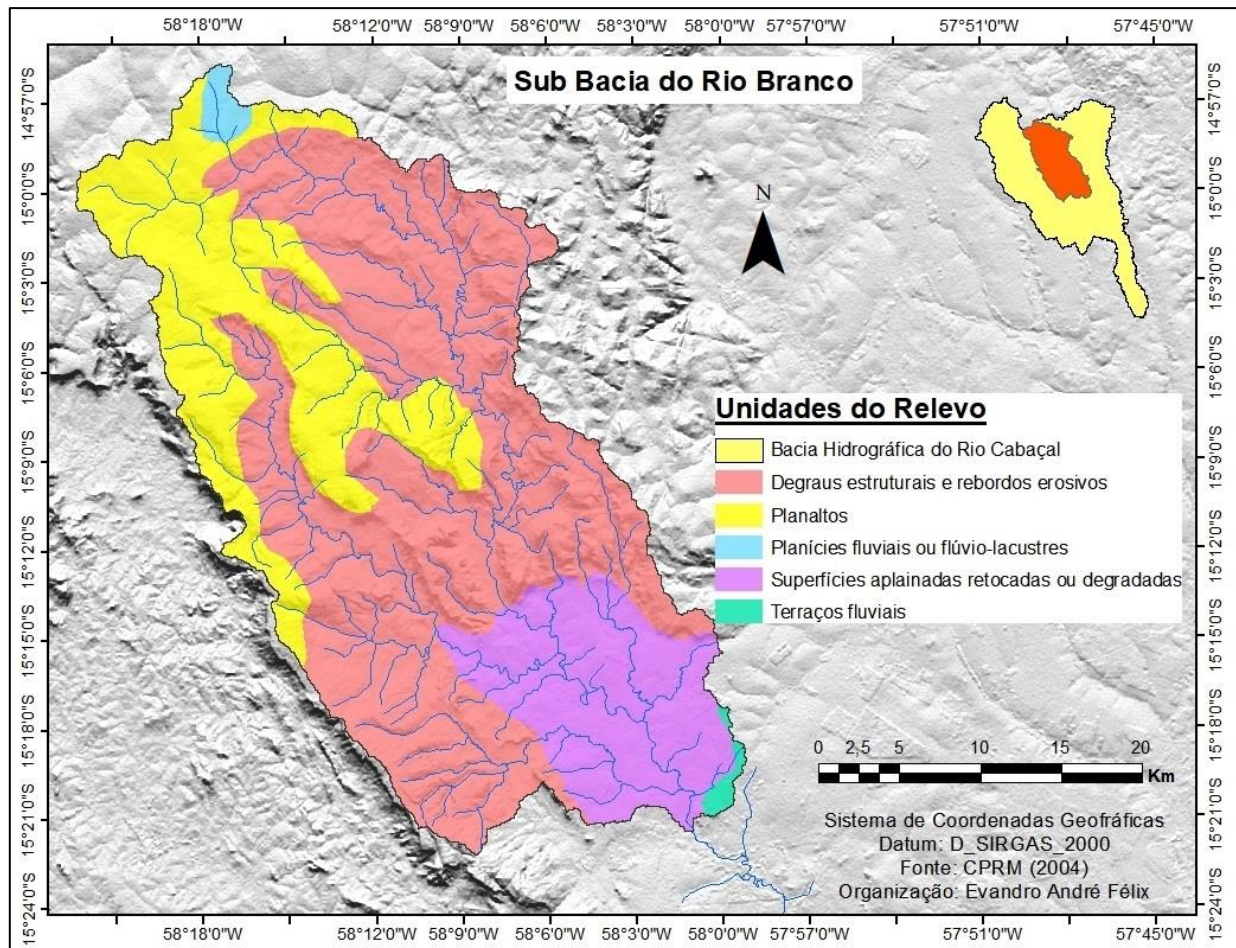


Figura 26-Sub-bacia do rio Branco: unidades do relevo

A unidade dos degraus estruturais e rebordos erosivos do planalto dos Parecis está disposta no sentido L/O da bacia, com área de 596,15 km² associada às inserções do

planalto, que é constituído por rochas cristalinas e sedimentares metamórficas, com formações convexas, sob domínio do complexo alto Guaporé e suíte intrusiva Alvorada. Na porção leste é caracterizado pelas serras do Roncador e Salto do Céu.

Avelino, (2006) destaca que os estudos do RADAMBRASIL (1982) identificaram variação de litológica (cristalinas e metassedimentares), associada às atividades tectônicas, que deram origem à modificação nas estruturas geomorfológicas. A esculturação dos metassedimentos deu origem a relevos tabulares com topo conservado e fácies escarpadas escalonadas, com frente voltada para sudoeste e orientação geral sudeste-noroeste. Por outro lado, a litologia do Complexo Basal (rochas cristalinas) deu origem a formações com dissecação convexa. De modo geral, o índice de aprofundamento da drenagem se dá de norte a sul.

Localizado na transição de alto a médio curso da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, este domínio geomorfológico é caracterizado como área de relevo com elevado grau de dissecação. Compreende ainda zona de contato entre formações de litologia porosa (planalto dos Parecis) e rochas cristalinas e metassedimentares, conferindo-lhe ambiente propício à formação de nascentes, sendo rico em cursos d'água de fluxo turbulento devido à amplitude topográfica.

Variações do clima

Com predomínio do clima mesotérmico quente e úmido, a fachada meridional do planalto dos Parecis (IIIC3) (Figura 27) ocupa áreas de planalto e degraus estruturais, com pluviosidade média anual entre 1600 a 1700 mm, e estação seca de cinco meses. Sobre áreas de topografia mais elevada a NO ocorre, de forma intercalada, a subunidade climática do tipo mesotérmica dos topos de cimeira dos chapadões (IIIA1a). Com temperaturas amenas e pluviosidade elevada (1900 e 2100 mm), apresenta estiagem com média de quatro meses.

No baixo curso, a sub-bacia recebe influência da subunidade climática do baixo planalto Jauru-rio Branco (IIID2b), conta com precipitação média entre 1400 a 1600 mm anuais e estiagem podendo se estender por até seis meses (maio a outubro). Entre as três subunidades climáticas, a precipitação varia de 2100 mm anuais no alto curso e 1400 no baixo, com dois meses de diferença entre as estações, caracterizando diferentes processos em intensidade e intervalos de precipitação ao longo da sub-bacia pelo perfil latitudinal.

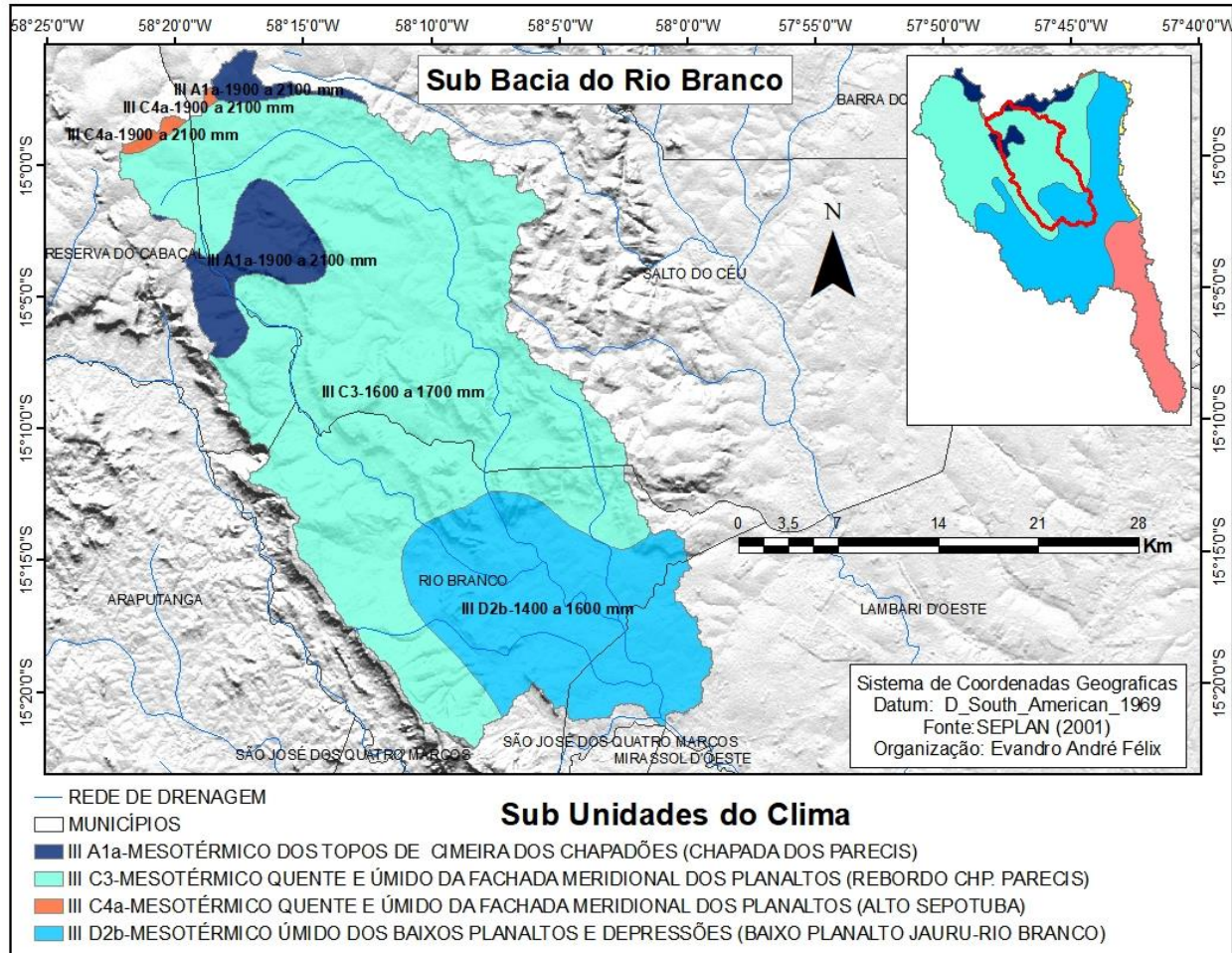


Figura 27 - Sub-bacia do rio Branco: variações do clima

Unidades pedológicas

Registra maior ocorrência de solos na sub-bacia: Argissolos vermelho-amarelos eutróficos (31,18%) e distróficos (20,44%), Cambissolos háplicos Tb eutróficos (12,74%) e Neossolos litólicos distróficos (12,28%) (Tabela 27 e Figura 28). O uso da terra é dado principalmente pela atividade pecuária leiteira e de corte nas áreas de maior declividade. Na porção de baixo curso da sub-bacia há incremento de atividade agrícola através do cultivo de cana e milho.

Tabela 26-Sub-bacia do rio Branco: unidades pedológicas

Nº	Unidades pedológicas	Area_Km ²	%
01	CXbe-Cambissolos Háplicos Tb Eutróficos	131,30	12,74
02	LVAAd-Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos	12,66	1,23
03	LVE-Latossolos Vermelhos Eutróficos	21,64	2,10
04	NVd-Nitossolo Vermelho Distrófico	58,58	5,69
05	NVE-Nitossolos Vermelho Eutrófico	39,48	3,83
06	PVAa-Argissolos Vermelho-Amarelos Alumínicos	11,93	1,16
07	PVAd-Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos	210,57	20,44
08	PVAe-Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos	321,26	31,18

09	RLd-Neossolos Litólicos Distróficos	126,49	12,28
10	RQo-Neossolos Quartzarênicos Órticos	96,38	9,35
Total		1.031,26	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da SEPLAN-MT (2001)

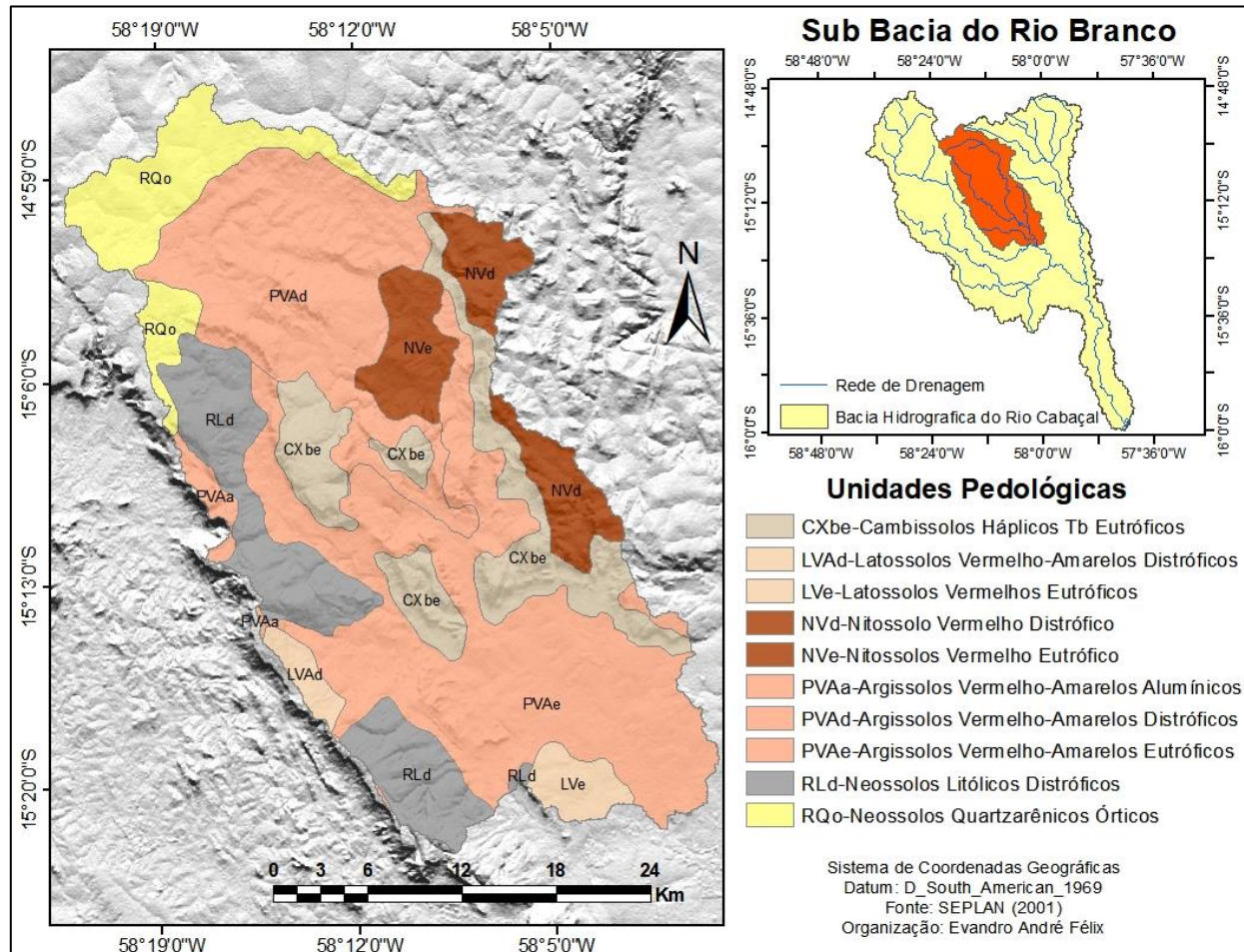


Figura 28-Sub-bacia do rio Branco: ocorrências pedológicas

Os Cambissolos háplicos eutróficos estão distribuídos em porções isoladas ao longo da sub-bacia do rio Branco. São solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial e têm sequência de horizontes A ou hístico, Bi, C, com ou sem R (JACOMINE, 2008-2009, p. 169). Oliveira et al (2010) destacam ainda que os cambissolos são solos “jovens” pouco desenvolvidos e têm, muitas vezes, cascalhento, além de minerais primários e altos teores de silte, até mesmo nos horizontes superficiais. Por apresentar elevado teor de silte e pouca profundidade, estes solos apresentam permeabilidade muito baixa, favorecendo o escoamento superficial.

Conforme Embrapa (2014), os neossolos litólicos são típicos de relevos dissecados ou íngremes. Na sub-bacia estes solos estão principalmente associados à serra do Roncador, sob domínio da formação Fortuna, nas bordas tradicionais e degraus estruturais entre o planalto dos Parecis e rebordos erosivos. Geralmente são solos com restrições à produção agrícola e silvícola, com pequena profundidade e pedregosidade que dificultam a penetração e a exploração de água e nutrientes pelas raízes de plantas. Apesar de ser comum sua utilização com pastagens, devido às suas limitações e fragilidade, o aproveitamento mais adequado destes solos se dá com manutenção da vegetação nativa e proteção das nascentes neles encontradas (IAC, 2015).

Análise morfológica e morfométrica

A sub-bacia dispõe de área de 1.031,26 km² e perímetro de 235,2 km, tem 2.956 canais, dos quais 77,56% são de 1° ordem. Ao todo, a rede de drenagem totaliza 2.200,53 km de extensão e canais de 1° a 7° ordem (Tabelas 28 e 29 e Figura 29).

A análise linear da bacia mostra índice de gradiente com 7,55 % de declividade média e índice de relação de bifurcação de 4,54. O relevo dissecado associado a vales aplainados possibilita a formação de canais meandantes encaixados, com índice de sinuosidade de 1,68.

Tabela 27- Dados morfométricos da sub-bacia do rio Branco

Parâmetro	Rio Branco
Área de drenagem - A (km ²)	1.031,26
Perímetro - P (km)	235,2
Ordem	7 ^a
Altitude máxima (m)	711
Altitude mínima (m)	150
Comprimento da bacia	55,74
Comprimento total dos canais	2.200,53
Número total de canais	2.956
Comprimento do canal principal (Km)	94,10
Número de nascentes	2.295
Linear	
Relação de bifurcação - Rb (Nt/km ²)	4,54
Gradiente de canais	7,55 %
Índice de sinuosidade – Is	1,68
Areal	
Fator de forma – Kf	0,33
Coefficiente de capacidade – Kc	2,0507
Índice de circularidade – Ic	0,2343
Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	2,1338
Densidade hidrográfica – Dh (canais/ km ²)	2,8663
Coefficiente de manutenção - Cm (m ² /m)	468,64
Parâmetros hipsométricos	
Relação de relevo – Rr m/K	10,06

Índice de rugosidade – Ir	1.194,9
Razão de textura Rt	9,7576

Elaborado pelo autor.

Tabela 28-Percentual de canais por ordem

Ordem	Rio Branco	
	Total	%
1 ^a	2.295	77,56
2 ^a	505	17,07
3 ^a	119	4,02
4 ^a	30	1,01
5 ^a	7	0,24
6 ^a	2	0,07
7 ^a	1	0,03
8 ^a	0	

Elaborado pelo autor.

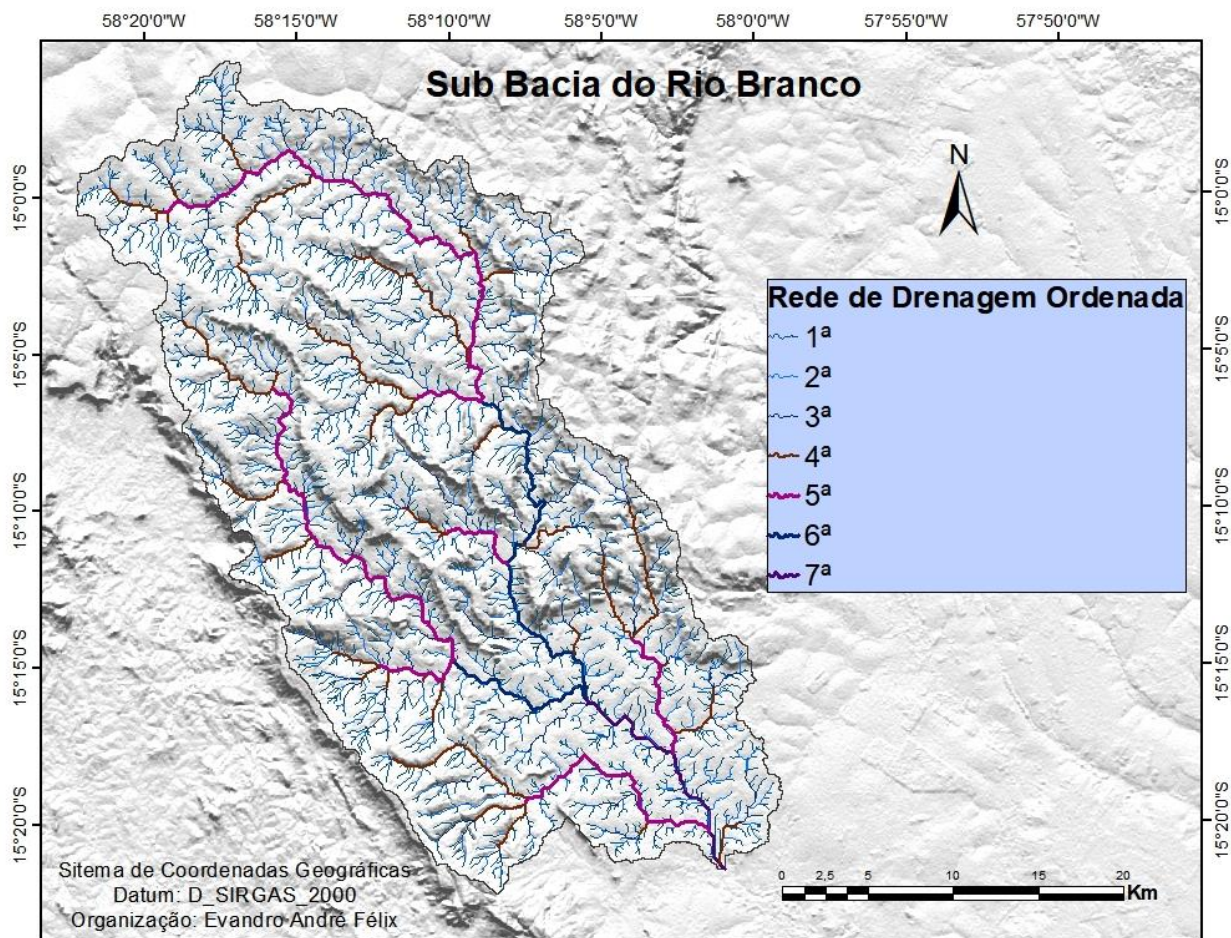


Figura 29-Sub-bacia do rio Branco: rede de drenagem ordenada

Na análise areal, o fator de forma de 0,33 e o índice de circularidade de 0,23 indicam que a sub-bacia tem o formato alongado, com maior tendência ao formato circular, fato que a expõe a maior risco de concentração de deflúvio, reforçado pelo

coeficiente de compacidade de 2,05, sendo o menor índice registrado entre as sub-bacias.

Os valores para densidade de drenagem de 2,13 km/km² e densidade hidrográfica de 2,86 canais por km² mostram alta capacidade de escoamento superficial. O coeficiente de manutenção é o maior das sub-bacias, com índice de 468 m²/m.. A sub-bacia evidencia a influência da estrutura geológica e do relevo, com rochas de alta porosidade primária (>30%) que favorecem a infiltração e um melhor sistema de drenagem, reduzindo a densidade da drenagem, e aumentando a área necessária para a manutenção dos córregos. A análise hipsométrica (Figuras 30 e 31) evidencia elevada relação do relevo, com 10,06 metros de declive a cada quilômetro linear, indicando alta capacidade de transporte de sedimentos pelos canais, decorrente de alta velocidade do fluxo. O índice de rugosidade de 1.194,9 releva que a drenagem se encontra sobre área altamente dissecada com rios e vertentes entalhadas em vales em forma de V. A razão de textura tem índice de 9,75 (a maior para o conjunto das sub-bacias); o relevo apresenta textura muito fina, evidenciando o menor intervalo entre os canais de primeira ordem em relação ao perímetro, dentre todas as sub-bacias estudadas. Este padrão expressa a declividade média, em que 83 % de suas áreas são classificadas como áreas de declividade entre 3% a 45% (suave a forte ondulado) (Tabela e Figura 30).

Tabela 29-Sub-bacia do rio Branco: percentual de classes do relevo

Classificação do relevo	Decl	A/km²	%
Plano	0 - 3%	161,42	15,65
Suave	3 - 8%	463,12	44,91
Ondulado	8 - 20%	302,17	29,30
Forte ondulado	20 - 45%	95,18	9,23
Montanhoso	45 - 75%	9,25	0,90
Escarpado	> 75%	0,10	0,01

Elaborado pelo autor

Para Nakashima e Ross (2000, p. 1427), “A declividade e a forma das vertentes são atributos geomorfológicos fundamentais, que condicionam o padrão de distribuição dos solos, o uso da terra/vegetação, circulação hídrica e a tipologia dos processos erosivos”. Os estudos dos compartimentos morfopedológicos realizados por Oliveira (2016) revelam oito compartimentos, que revelaram que a sub-bacia dispõe de solos com baixa fertilidade e funcionamento hídrico com maior eficiência no compartimento do planalto dos Parecis, serras do Roncador e Salto do Céu, de onde nascem seus maiores

afluentes. Tais dados exemplificam a relação entre geologia, relevo e o padrão morfométrico, e a influência que este exerce sobre os tipos de solo.

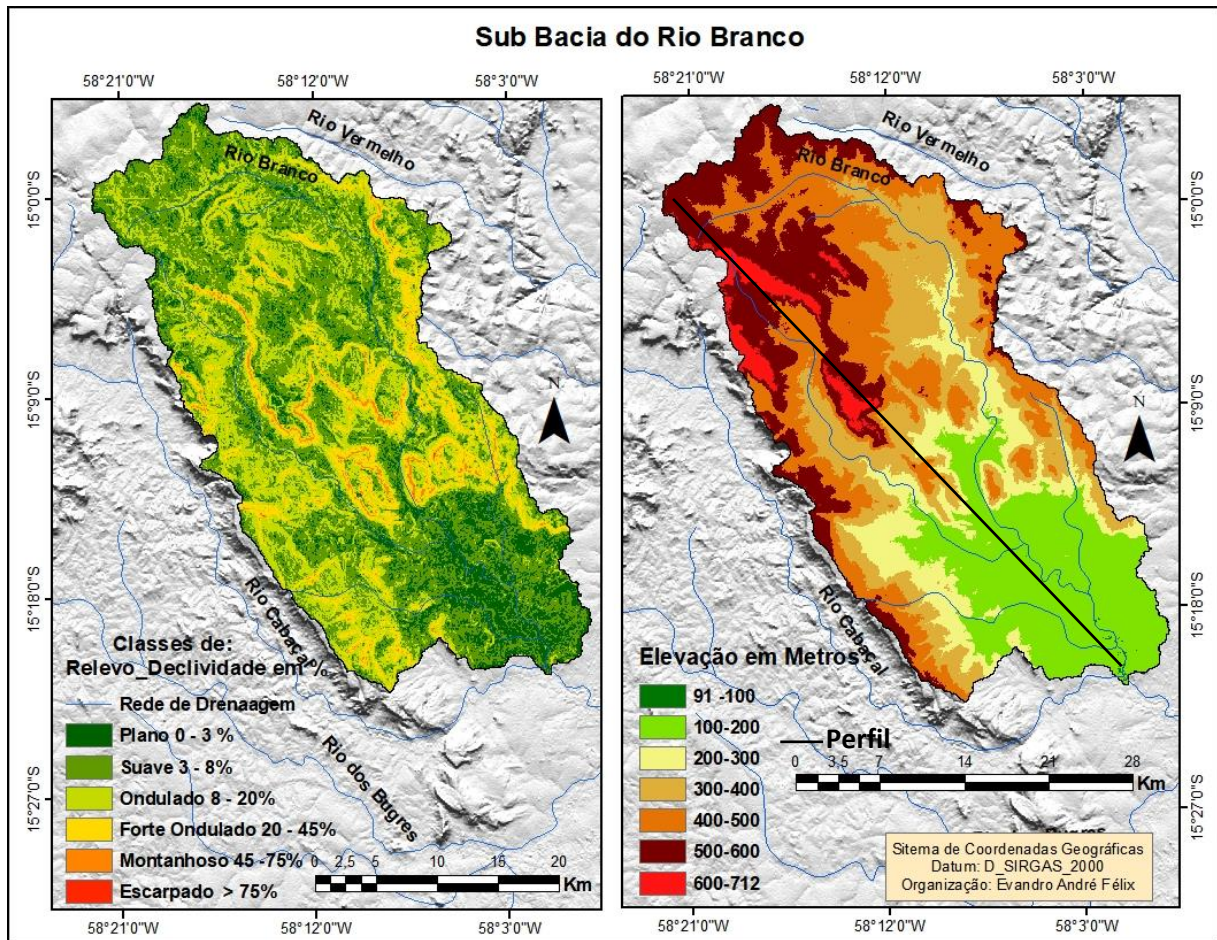


Figura 30-Sub-bacia do rio Branco: declividade e elevação

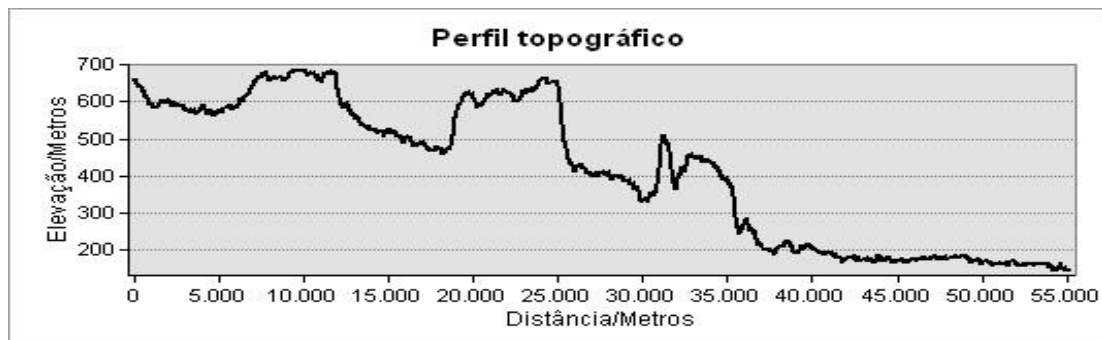


Figura 31-Sub-bacia do rio Branco: perfil topográfico

Considerando componentes geológicos, pedológicos, evolução e tipo de uso da terra, os estudos realizados por Carvalho (2015), Lorenzon (2016) e Oliveira (2017) apontam para suscetibilidade de erosão hídrica da sub-bacia. Nesta mesma perspectiva, os dados relativos ao acentuado gradiente de canais, relevo de textura muito fina e maior

coeficiente de manutenção, também apontam para tais constatações. Deste modo, a conservação ambiental da sub-bacia está condicionada ao uso da terra, condizente com as limitações geoambientais.

4.1.5 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. Tem 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 (Tabela 30), favorecendo assim o escoamento superficial.

Tabela 30 Sub-bacia do rio Bugres: percentual de uso e cobertura 2014

Tipo de uso e cobertura	Área/km²	%
Agricultura	7,657	0,674
Alteração Antrópica	7,487	0,659
Pastagem	943,409	83,052
Influência urbana	-	-
Reflorestamento	10,105	0,890
Vegetação Remanescente	167,280	14,726
Total	1.136,00	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil (2015)

Unidades geológicas

Na sub-bacia, predomina a formação Alto Guaporé (Tabela 31 e Figura 32), ocupando 49,77%. As outras dez unidades geológicas somadas totalizam 50,23 %.

Tabela 31 - Sub-bacia do Rio Bugres: unidades geológicas

Nº	Unidades geológicas	Area km²	%
01	Alto Guaporé	565,27	49,77
02	Alto Jauru	155,47	13,69
03	Alvorada	23,62	2,08
04	Araras, embro superior	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: Elaborado pelo autor a partir do 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.

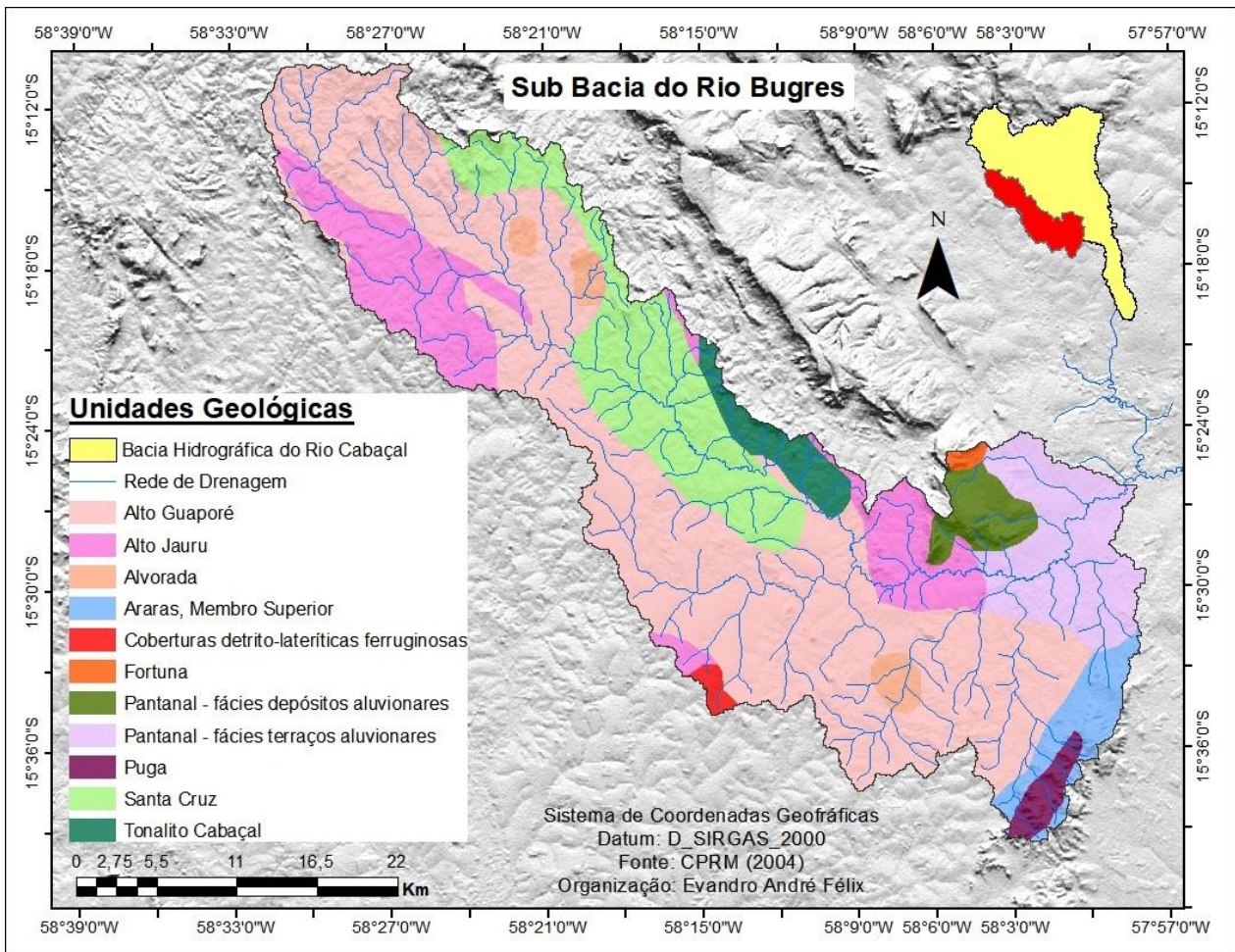


Figura 32-Sub-bacia do rio Bugres: unidades geológicas

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 paragnaisses, 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 e LATRUBESSE, 2017).

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. O batólito alongado é constituído por rochas mesocráticas, cinza escuras, de granulação média a grossa, comumente inequigranulares (ARAÚJO, 2008, p. 49).

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, p. 39) 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) e outra subordinada (ocorrências menores de rochas mesocráticas, de cor cinza escura, faneríticas, equigranulares, de granulação grossa, foliadas, classificadas como hornblenda granodioritos). Apresenta perfil alongado no sentido N/S, na porção oeste do alto curso da bacia, (do extremo sul do município de Reserva do Cabaçal a toda a porção leste de Araputanga até o extremo norte de São José dos Quatro Marcos). Constituída sobre formação maciça de baixa porosidade e permeabilidade, apresenta padrão de drenagem dendrítico típico, com canais entalhados e encaixados em seus leitos.

Coberturas detritos-lateríticas ferruginosas são marcadas por formações de laterita com concreções ferruginosas, níveis de cascalho e horizontes mosqueados. Esta formação ocupa uma pequena porção do território da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, situado na linha divisória da sub-bacia do rio Bugres e bacia do rio Jauru, no município de São José dos Quatro Marcos. “As lateritas constituem crostas de óxido de ferro de cor avermelhada escura, e ocorrem maciçamente, ou em oólitos e psólitos, por vezes irregularmente” (ROSA *et al.*, 2014, p. 6). De natureza geológica sedimentar consolidada, apresenta padrão de drenagem dendrítico subparalelo.

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).

Nos domínios da bacia hidrográfica, a formação Puga aflora na região de Mirassol d'Oeste (baixo curso na porção extremo oeste da bacia). Apresentando cerca de 100 m de espessura, Alvarenga (1988) apud Faulstich (2005) insere a formação na sequência média glácio-marinha turbidítica, sendo a formação resultado da sedimentação durante o período glacial no Neoproterozóico. Nas intercalações arenosas finas e siltosas, é possível observar seixos pingados deformando as laminações existentes, confirmando assim a origem glacial destes sedimentos (FAULSTICH, 2005, p. 14). Ocupando uma pequena porção de áreas da bacia, está contextualizada sobre domínio de rede de drenagem dendrítica subparalela da sub-bacia do rio Bugres.

Unidades do relevo

A sub-bacia dispõe de ampla diversidade de unidade do relevo (Tabela 32), 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 33).

Tabela 32-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: Elaborado pelo autor a partir do 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. Devido à natureza geológica e topográfica, apresenta potencial agrícola variável de muito bom, em relevos mais planos, a muito ruim, em relevos mais acidentados, fato que leva ao uso preponderante da atividade pecuária. Assim como o

domínio das colinas dissecadas e morros baixos, apresenta sistema de aquífero fissural, que contribui para a irregularidade do potencial hidrogeológico da unidade do relevo.

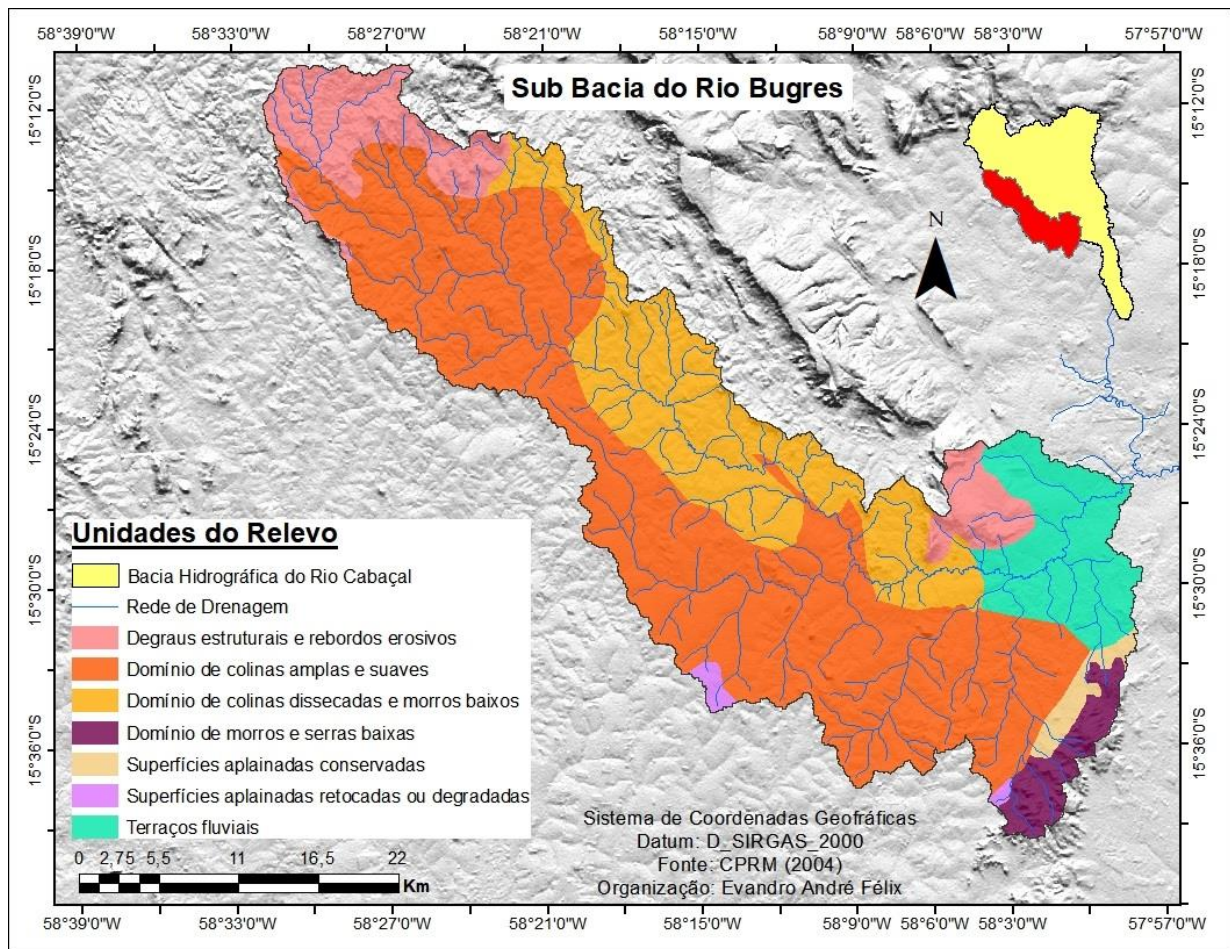


Figura 33-Sub-bacia do rio Bugres: distribuição das unidades do relevo

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. De acordo com dados do CPRM (2004), esta unidade geomorfológica está predominantemente situada sobre domínios de rochas ígneas intrusivas, com formações batóliticas, associada à sequência vulcânica komatiítica, a talco-xistos, anfibolitos, cherts, formações ferríferas e metaultrabasitas. 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 34) a sub-bacia dispõe de três subunidades climáticas. Nas áreas de cabeceiras predomina clima mesotérmico quente e úmido da fachada meridional do planalto dos Parecis (IIIC3) (1600 a 1700 mm), com a estação seca se estendendo por cinco meses.

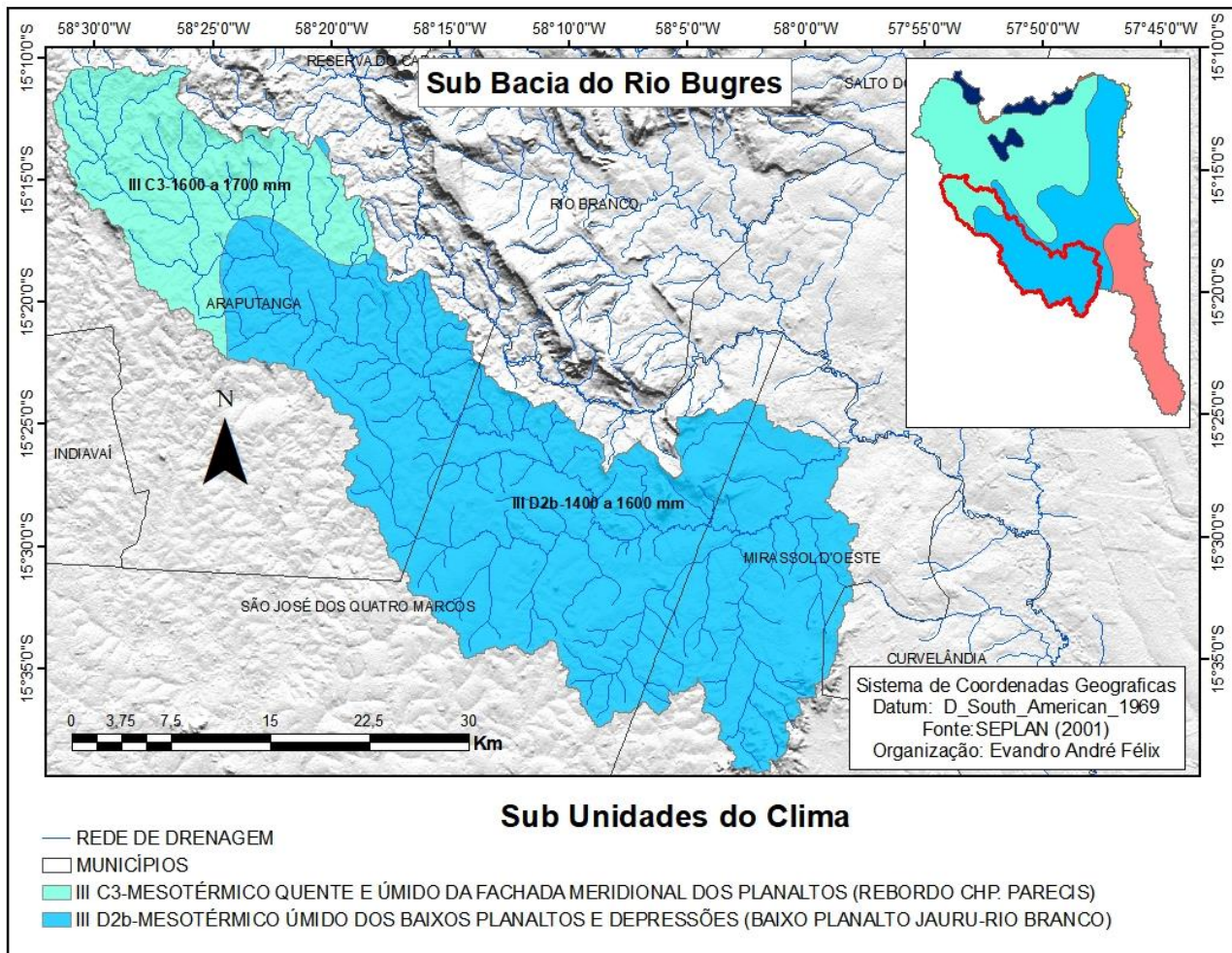


Figura 34-Sub-bacia do rio Bugres: subunidades do clima.

De alto a baixo curso, prevalece a subunidade climática do baixo planalto Jauru-rio Branco (IIID2b), que apresenta precipitação anual entre 1400 a 1600 mm, com período de estiagem podendo se estender por até seis meses (maio a outubro). A diferença de meses entre as estações pode chegar a um mês entre as cabeceiras e o restante da bacia.

Unidades Pedológicas

Conforme 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 35 e Tabela 33)

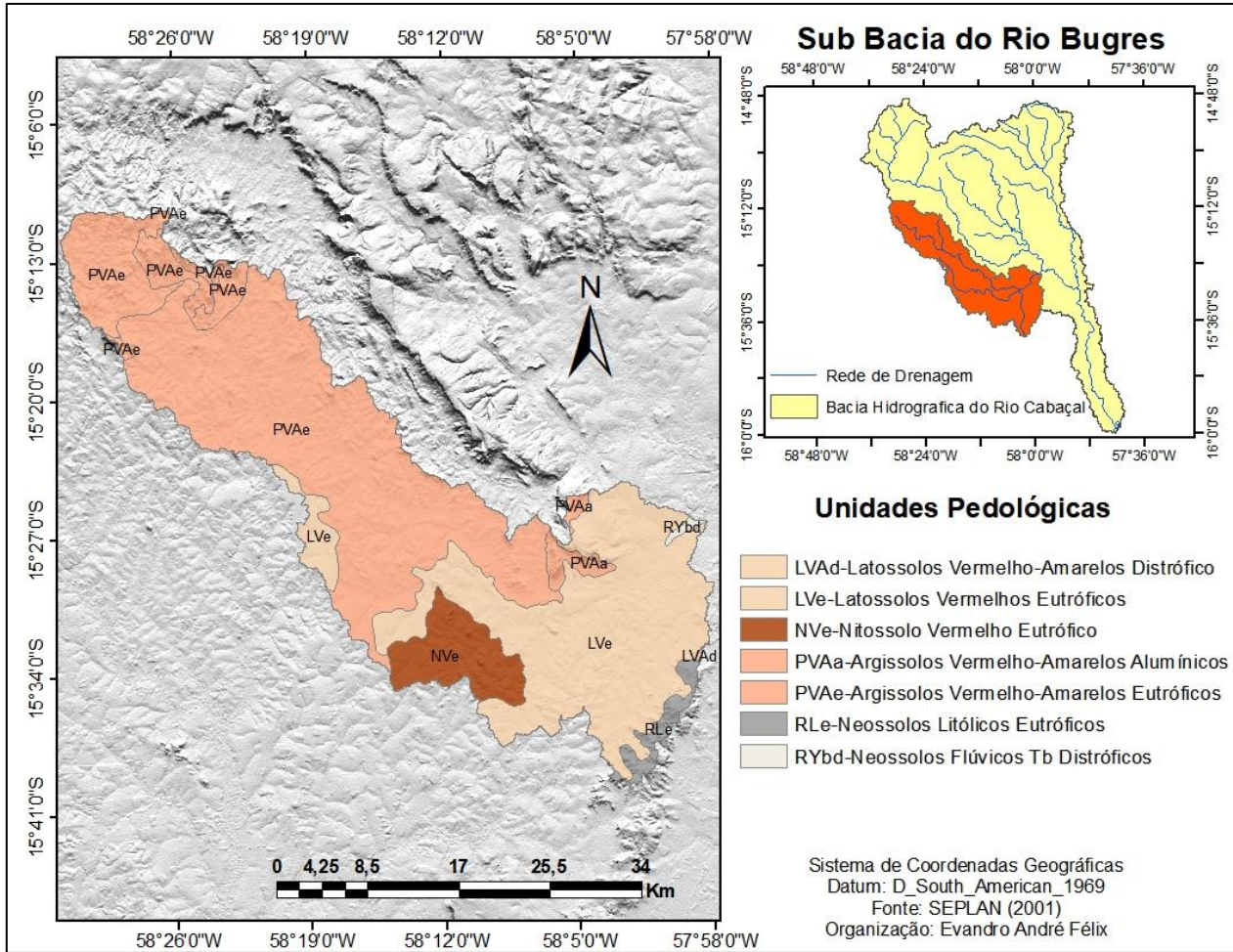


Figura 35 - Sub-bacia do rio Bugres: unidades pedológicas.

Tabela 33-Sub-bacia do rio Bugres

Nº	Unidades pedológicas	Area Km ²	%
01	LVAAd-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

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da SEPLAN-MT (2001)

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.

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 (Tabelas 34 e 35 e Figura 36). Com relevos caracterizados por degraus estruturais e rebordos erosivos, colinas amplas e suaves, tem seu uso da terra marcado pela atividade pecuária, com crescimento da agricultura de médio a baixo curso.

Tabela 34 - Sub-bacia do rio Bugres: dados e parâmetros morfológicos e morfométricos

Parâmetro	Valor
Área de drenagem - A (km ²)	1.136
Perímetro - P (km)	334,55
Ordem	7ª
Altitude máxima (m)	612
Altitude mínima (m)	148
Comprimento da bacia	65,74
Comprimento total dos canais	2.466,05
Número total de canais	3.227
Comprimento do canal principal (Km)	109,25
Número de nascentes	2.516
Linear	
Relação de bifurcação - Rb (Nt/km ²)	4,57
Gradiente de canais	5,60%
Índice de sinuosidade – Is	1,66
Areal	
Fator de forma – Kf	0,26
Coeficiente de compacidade – Kc	2,7792
Índice de circularidade – Ic	0,1275
Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	2,1708
Densidade hidrográfica – Dh (canais/ km ²)	2,8485
Coeficiente de manutenção - Cm (m ² /m)	460,65
Parâmetros hipsométricos	
Relação de relevo – Rr m/K	7,05
Índice de rugosidade – Ir	1.007,2
Razão de textura Rt	7,5205

Elaborado pelo autor

Tabela 35-Sub-bacia do rio Bugres: percentual de canais por ordem.

Ordem	Total	%
1ª	2.516	77,75
2ª	551	17,03
3ª	126	3,89
4ª	32	0,99
5ª	8	0,25
6ª	2	0,06
7ª	1	0,03
8ª	0	-

Elaborado pelo autor.

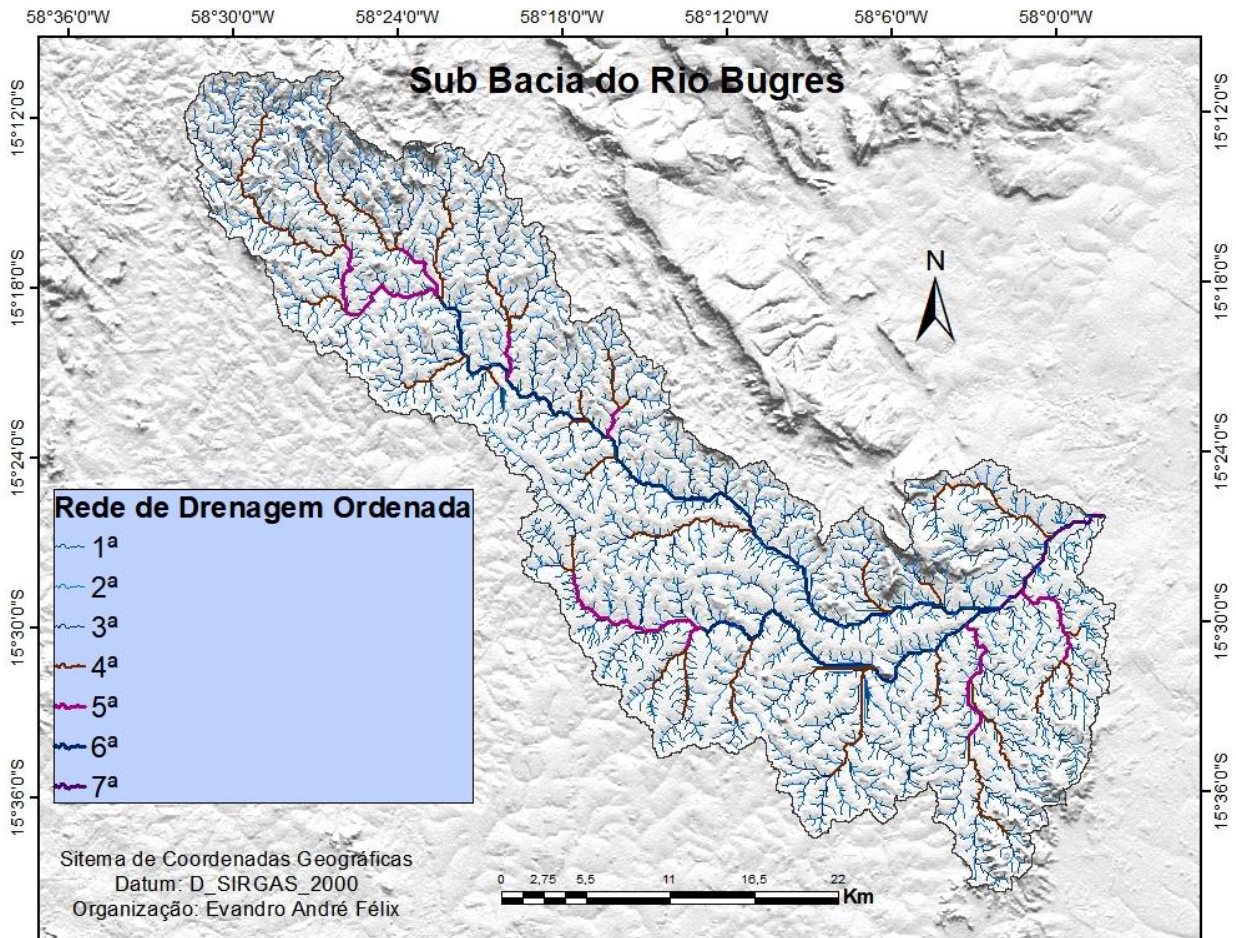


Figura 36-Sub-bacia do rio Bugres: rede de drenagem ordenada

A análise linear mostra que a sub-bacia dispõe de um gradiente de canais de 5,60% de declive, com índice de sinuosidade de 1,66, sendo este o menor índice de sinuosidade do conjunto de sub-bacias analisadas, mesmo assim classificado como canal sinuoso conforme critérios estabelecidos por Riccomini *et al.* (2003). 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 inundações, por apresentar formato alongado que, associado ao gradiente de canais, lhe confere um sistema de escoamento eficiente, reduzindo o tempo de concentração das águas superficiais em condições normais e anormais de precipitação.

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. Sobre os aspectos de densidade de drenagem e rios, é importante destacar que “Quanto maior a densidade destes parâmetros, em uma paisagem ou unidade de paisagem, maior a fragilidade e maiores os cuidados em termos de planejamento e organização do espaço” (VITTE, 2005, p. 16346).

O levantamento dos dados hipsométricos (Figuras 37 e 38) aponta para o predomínio das altitudes médias e baixas (100 e 300 m). As altitudes mais elevadas estão concentradas no extremo das cabeceiras e bordas divisórias e zona de confluência, 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. 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.

Contribuída predominantemente por substrato geológicos 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 drástica da vegetação remanescente também pode comprometer a disponibilidade hídrica de sub superfície.

Tabela 36-Sub-bacia do rio Bugres: percentual de unidade do relevo

Relevo	Decl	A/km²	%
Plano	0 - 3%	279,29	24,59
Suave	3 - 8%	617,02	54,33
Ondulado	8 - 20%	199,73	17,59
Forte ondulado	20 - 45%	37,92	3,34
Montanhoso	45 - 75%	1,79	0,16
Escarpado	> 75%	0,00	0,0002

Elaborado pelo autor.

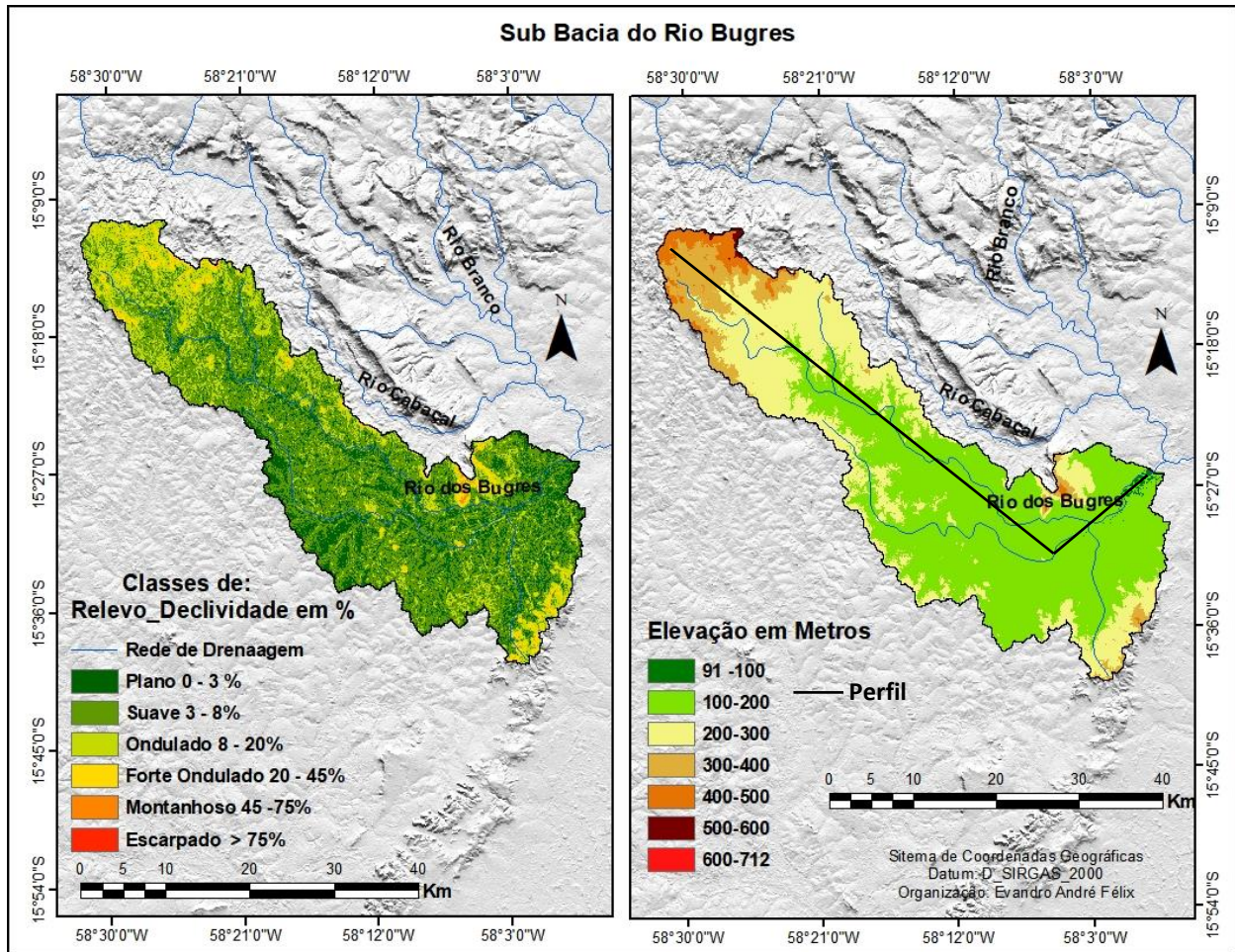


Figura 37 - Sub-bacia do rio Bugre: declividade e elevação

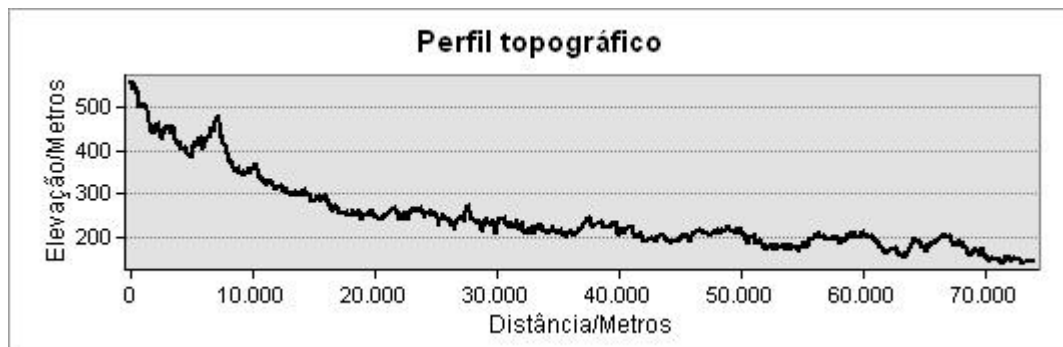


Figura 38- Sub-bacia do rio Bugres: perfil topográfico

4.1.6 Sub-bacia do rio Vermelho

A sub-bacia do rio Vermelho encontra-se na porção leste da bacia hidrográfica do rio Cabaçal e se estende de alto a baixo curso da bacia principal. No extremo norte, ocupando uma porção pouco representativa, encontram-se duas formações sedimentares: Utiariti e Morro Cristalino (arenito fino). Ocupando a maior parte do território

da sub-bacia, está a suíte intrusiva rio Branco (Figura 39 e Tabela 37), constituída de rochas quartzo gabro, olivina gabro com baixa porosidade primária (0 a 15%). Na porção de médio e baixo curso, predominam outras duas formações sedimentares, a Pantanal (fácies terraços aluvionares) (Figura 39), com terraços constituídos de argila, areia e silte e alta porosidade (>30%), e a Araras (membro superior) de composição dolomítica de baixa prioridade (0 a 15%).

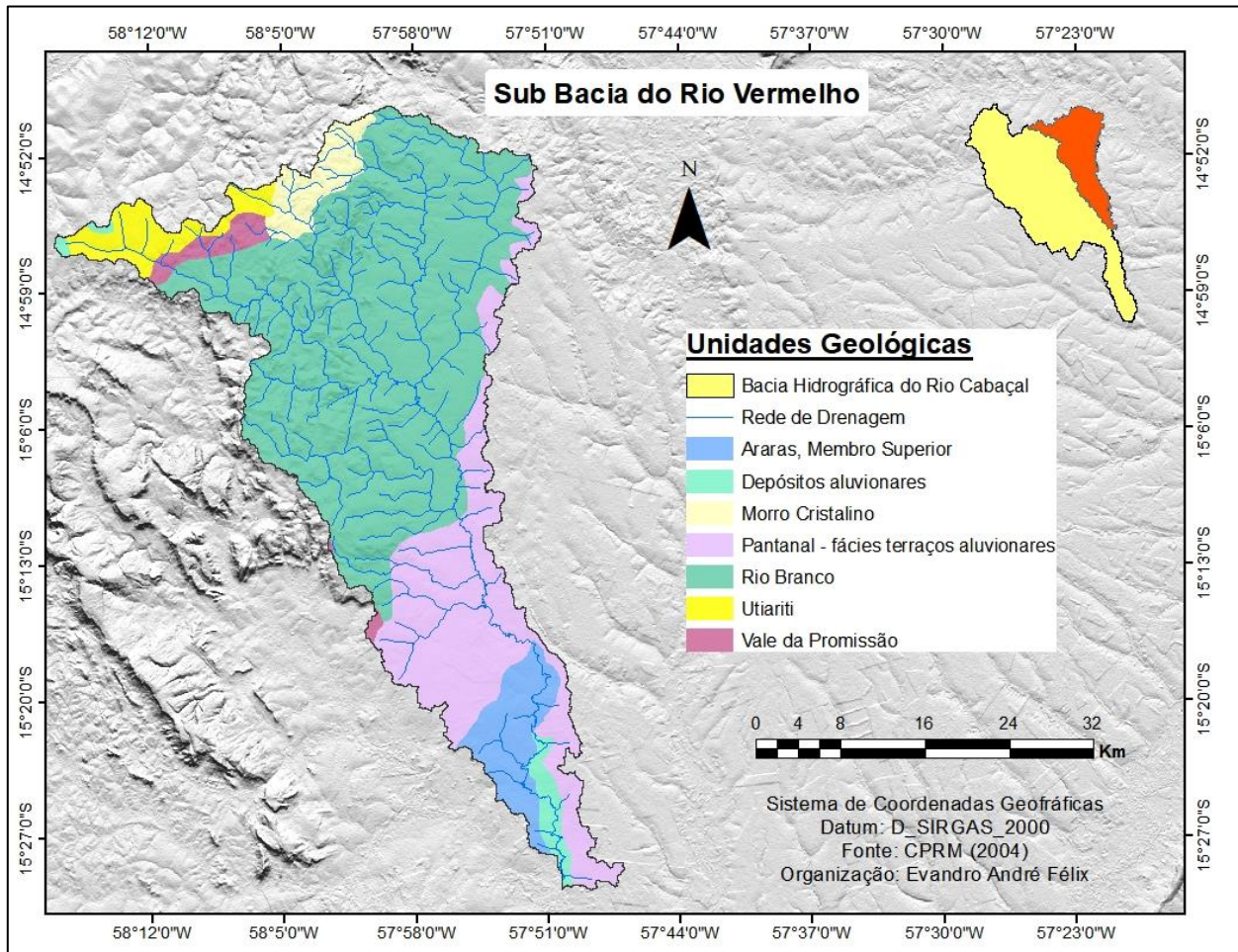


Figura 39-Sub-bacia do rio Vermelho unidades geológicas

Tabela 37-Sub-bacia do rio Vermelho: unidades geológicas

Nº	Unidades geológicas	Area km ²	%
01	Araras, membro superior	81,58	6,01
02	Depósitos aluvionares	29,00	2,13
03	Morro Cristalino	51,87	3,82
04	Pantanal - fácies terraços aluvionares	296,94	21,86
05	Rio Branco	811,99	59,77
06	Utiariti	58,06	4,27
07	Vale da Promissão	28,97	2,13
Total		1.358,42	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do CPRM (2004)

A suíte intrusiva Rio Branco apresenta corpo rochoso composto de olivina gabro, gabro, quartzo-gabro, quartzo-sienito, riodacito, granófiro e quartzo-monzonito (CPRM, 2004). Segundo Araújo (2008, p. 40) a suíte intrusiva Rio Branco é formada pelo batólito rapakivi, inserido em rochas do grupo Aguapeí do domínio Cachoeirinha. Barros *et al.* (1982) o denominara de grupo Rio Branco como sendo uma sequência plutovulcânica de rochas básicas (diabásios e gabros) e ácidas (riolitos, granitos pórfiros, andesitos e dacitos). De natureza ígnea intrusiva, e baixa porosidade primária, é a maior formação geológica da bacia, ocupando quase toda a porção leste do alto curso, compondo o divisor das sub-bacias do rio Branco e Vermelho. Sob seus domínios, a rede de drenagem apresenta padrão dendrítico típico, com tributários de alto curso, com padrão retilíneo, encaixados no entalhe do relevo dissecado. Na mediana que segue para os vales de baixo curso, a drenagem segue o padrão sinuoso, meandrante, com destaque para o rio Vermelho, constituído principalmente sobre os domínios da formação Rio Branco.

Conforme tabela 38, a sub bacia é predominantemente ocupada pela atividade pecuária, com mais de 64% da área, seguida da agricultura com 5,19%. A vegetação remanescente limita-se 27,86 % da área total.

Tabela 38 - Sub-bacia do rio Vermelho: percentual de uso e cobertura da terra 2014

Tipo de uso e cobertura	Área/km²	%
Agricultura	70,596	5,197
Alteração Antrópica	6,591	0,485
Pastagem	873,595	64,306
Influência urbana	-	-
Reflorestamento	29,197	2,149
Vegetação Remanescente	378,530	27,864
Total	1.358,508	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil (2015)

Unidades do relevo

Os aspectos geomorfológicos presentes na sub-bacia apresentam-se bem diversificados, com relativa proporcionalidade entre as unidades (Tabela 39) (Figura 40). Ocupando os maiores percentuais de área os degraus estruturais e rebordos erosivos (34,79%) e superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (30,94%), predominam sobre a paisagem, seguidos de terraços fluviais (21,86%) e demais unidades de menor representatividade.

Tabela 39-Sub-bacia do rio Vermelho: percentuais das unidades do relevo

N°	Unidades do relevo	Area_ km²	%
01	Degraus estruturais e rebordos erosivos	472,59	34,79

02	Planaltos	58,06	4,27
03	Planícies fluviais ou flúvio-lacustres	29,00	2,13
04	Superfícies aplainadas conservadas	81,54	6,00
04	Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas	420,38	30,94
05	Terraços fluviais	296,94	21,86
Total		1.358,52	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do CPRM (2004)

Ocupando a porção centro norte da sub-bacia, o domínio das superfícies aplainadas retocadas ou degradadas é constituído de relevos planos e suaves, localizado sobre domínio geológico da formação Rio Branco. Na classificação do projeto RADAMBRASIL (1982), a porção localizada no extremo leste era caracterizada como depressão do rio Paraguai, formas tabulares, e ao centro de depressão do rio Paraguai, pediplano inundado. A nova classificação realizada pelo CPRM (2009) as agrupa de acordo com critérios topográficos e geomorfológicos, com predomínio de sistema de aquíferos fissural, de potencial hidrogeológico local bastante irregular.

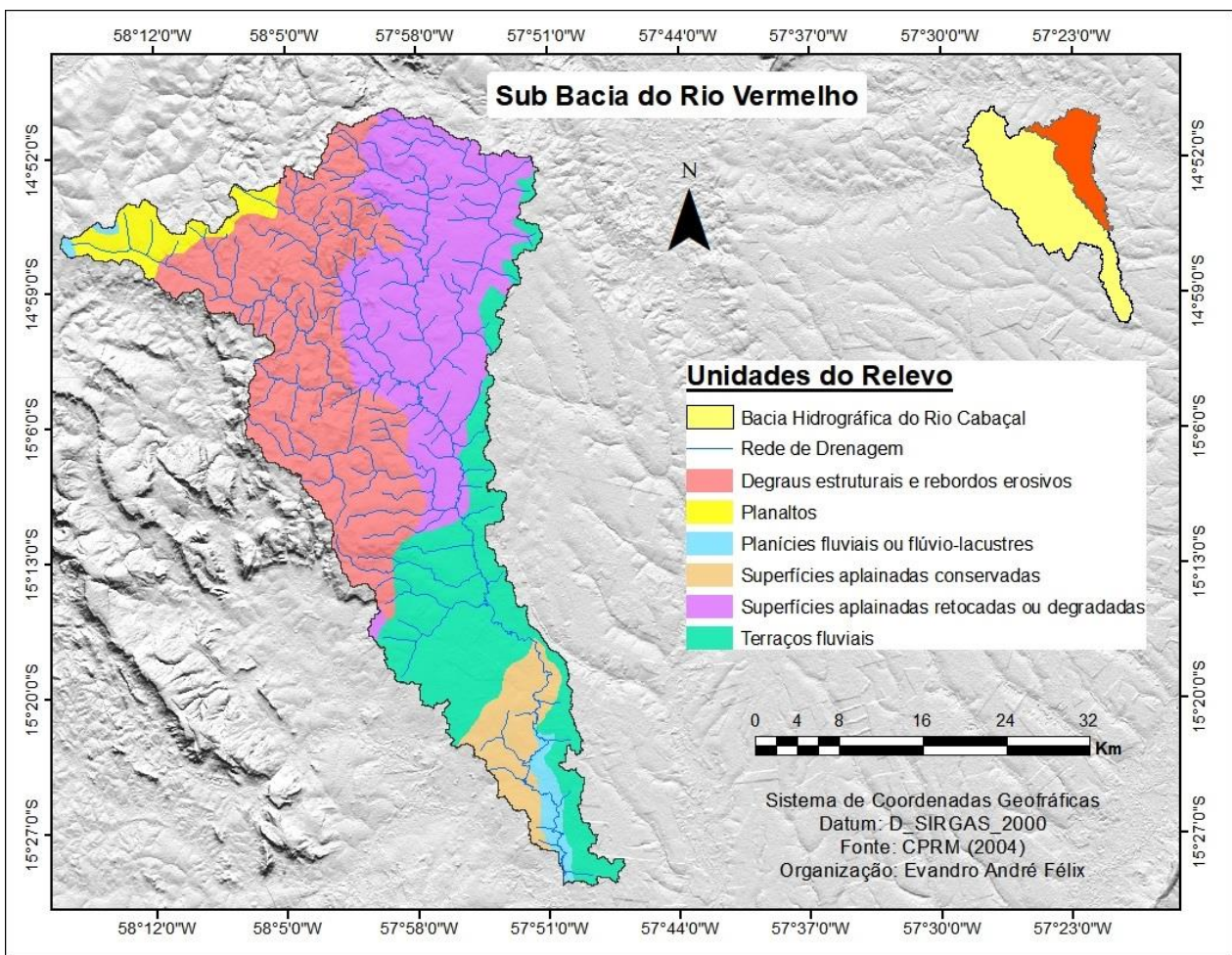


Figura 40-Sub-bacia do rio Vermelho: unidades geomorfológicas

Ocupando a porção centro norte da sub-bacia, o domínio das superfícies aplainadas retocadas ou degradadas é constituído de relevos planos e suaves, localizado sobre domínio geológico da formação Rio Branco. Na classificação do projeto RADAMBRASIL (1982), a porção localizada no extremo leste era caracterizada como depressão do rio Paraguai, formas tabulares, e ao centro de depressão do rio Paraguai, pediplano inundado. A nova classificação realizada pelo CPRM (2009) as agrupa de acordo com critérios topográficos e geomorfológicos, com predomínio de sistema de aquíferos fissural, de potencial hidrogeológico local bastante irregular.

Subunidades do clima

A sub-bacia do rio Vermelho apresenta a maior diversidade climática dentre as sub-bacias que integram o sistema da bacia hidrográfica do rio Cabaçal (Figura 41). No extremo norte, sofre a influência do clima mesotérmico quente e úmido da fachada meridional dos planaltos (alto Sepotuba) (III C4a), sua precipitação média anual fica entre 1900 e 2100 mm, com estação seca de apenas quatro meses de maio a agosto. Ainda no extremo norte (cabeceiras), predomina a subunidade do clima mesotérmico dos topos de cimeira dos chapadões (Chapada dos Parecis) (III A1a) com precipitação média entre 1900 e 2100 mm. A estação seca de quatro meses acontece entre junho e setembro.

Estendendo-se de alto a baixo curso da sub-bacia, nas bordas divisórias com Sepotuba, a subunidade de clima mesotérmico úmido dos baixos planaltos e depressões (depressão do alto Paraguai) (III D2a) apresenta precipitação entre 1600 a 1800 mm e estação seca de cinco meses entre maio e setembro. Ocupando as cotas de maior altitude, o clima mesotérmico quente e úmido da fachada meridional dos planaltos (Chapada dos Parecis) (III C3) apresenta precipitação média entre 1600 e 1700 mm com estação seca entre os meses de junho e outubro.

Ocupando a porção central, o domínio mesotérmico úmido dos baixos planaltos e depressões (baixo planalto Jauru-rio Branco) (III D2b) apresenta precipitação entre 1400 a 1600 mm e estação seca prolongada dada entre os meses de maio e outubro. No baixo curso situa-se a subunidade do clima mesotérmico subúmido das depressões e pantanais (depressão do alto Paraguai) (III E1), que apresenta os menores índices pluviométricos, com média entre 1300 e 1400 mm, e estiagem rigorosa de até oito meses, ente abril e novembro.

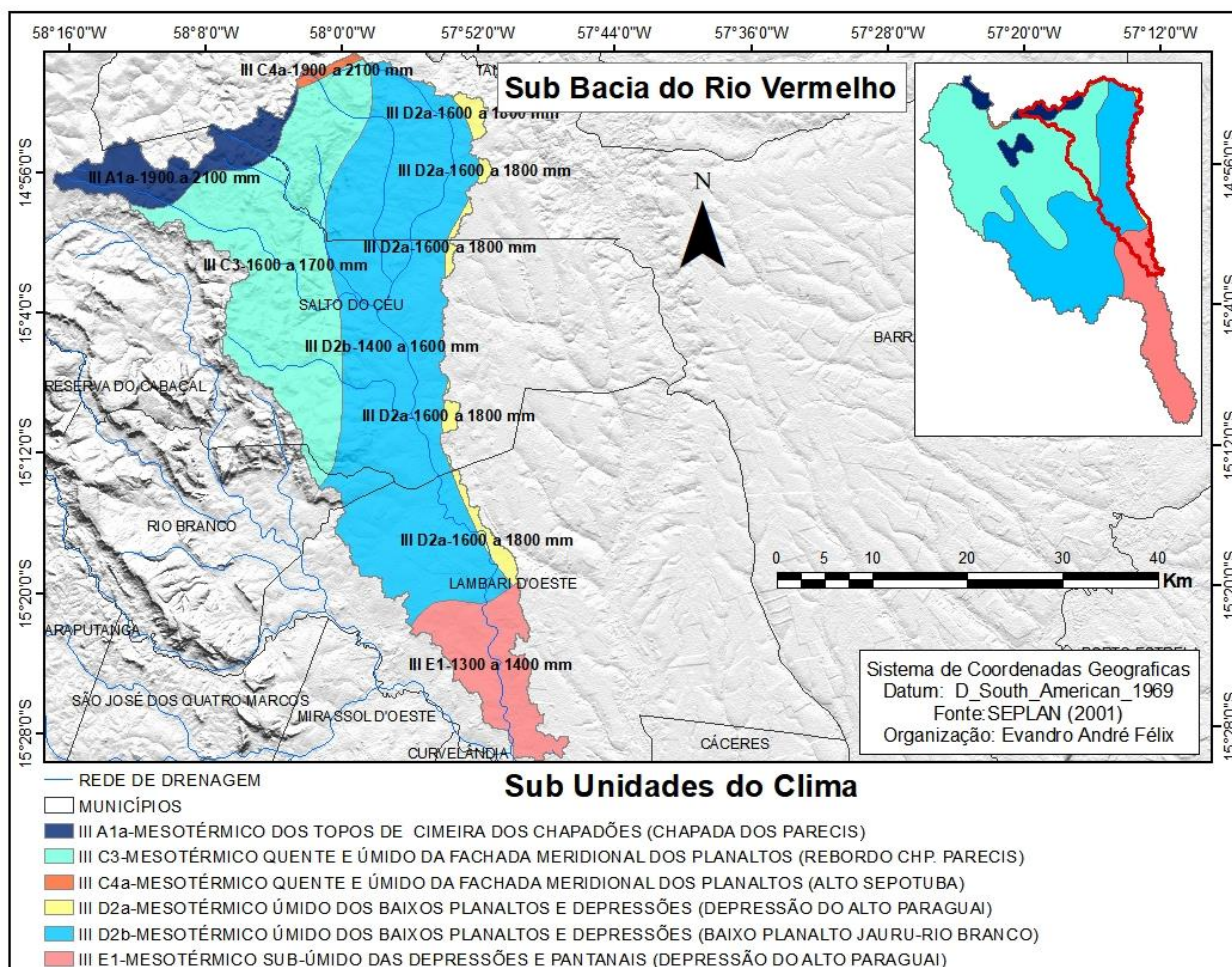


Figura 41 - Sub-bacia do rio Vermelho: subunidades do clima

Unidades pedológicas

Os solos que predominam na sub-bacia são os latossolos vermelho-amarelos alumínicos e os argissolos vermelho-amarelos distróficos, caracterizados como maiores domínios pedológicos (Tabela 40 e Figura 42 e). Em toda a área da sub-bacia, o uso da terra é dado pela atividade pecuária, no entanto o médio e baixo curso registra crescimento da atividade agrícola. Lorenzon (2016) destaca que em três décadas o crescimento da agricultura para a sub-bacia foi de 140,34 %, e de 37,65% para a pecuária.

Tabela 40 - Sub-bacia do rio Vermelho: unidade pedológicas

Nº	Solo	Area Km ²	%
01	CXbe-Cambissolos Háplicos Tb	14	1,03
02	LVAa-Latossolos Vermelho-Amarelos Alumínicos	399	29,40
03	LVd-Latossolos Vermelhos Distróficos	80	5,90
04	NVd-Nitossolo Vermelho Distrófico	121	8,92
05	NVe-Nitossolo Vermelho Eutrófico	16	1,18
06	PVAd-Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos	404	29,77
07	PVAe-Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos	212	15,62

08	RQo-Neossolos Quartzarênicos Órticos	82	6,04
09	RYbd-Neossolos Flúvicos Tb Distróficos	29	2,14
Total		1357	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da SEPLAN-MT (2001)

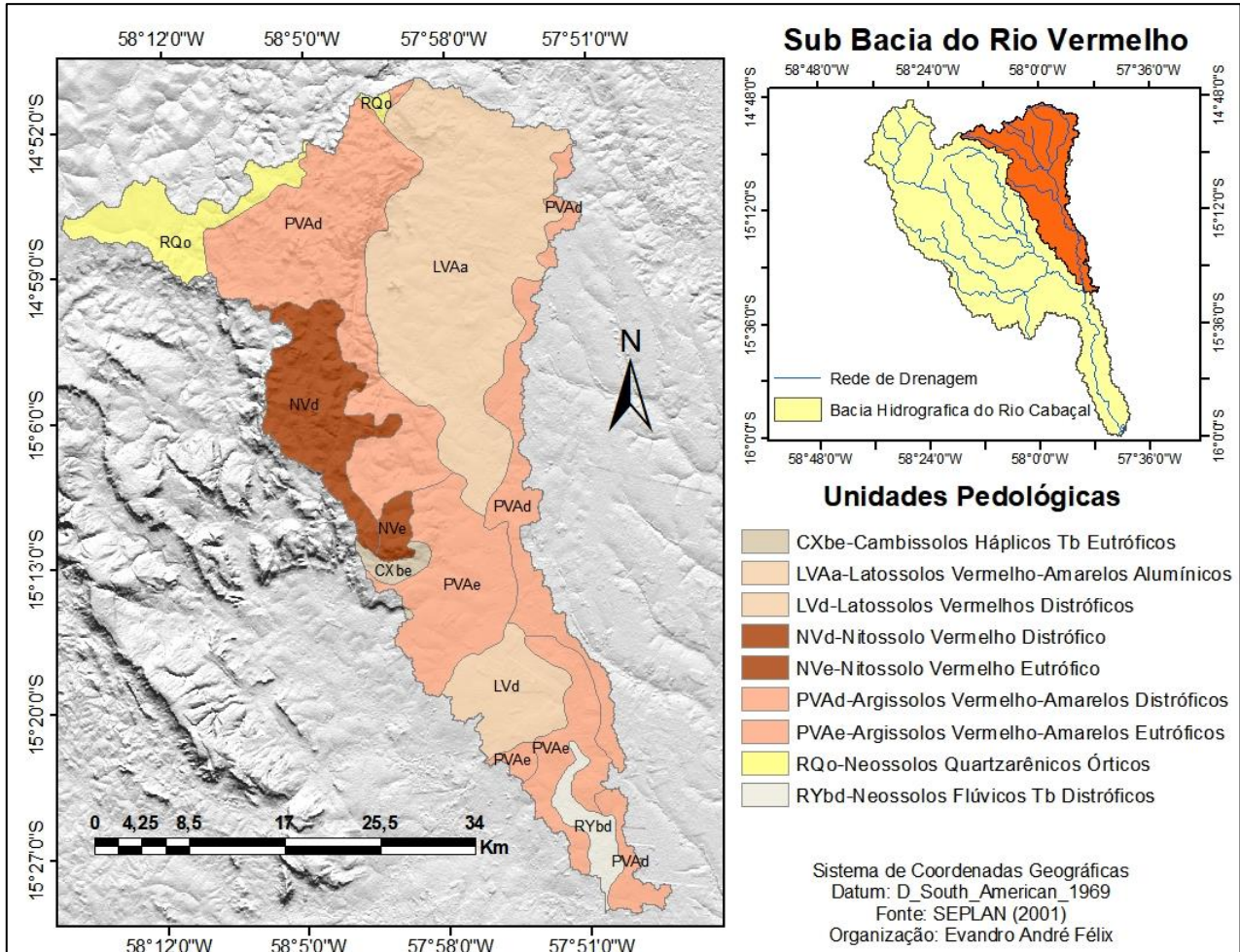


Figura 42-Sub-bacia do rio Vermelho: distribuição das unidades pedológicas

Morfologia e morfometria

Conforme levantamento, a sub-bacia dispõe de 1.358,89 km² de área, com rede de drenagem de 2.985,02 km de extensão, distribuídos por 4.013 canais de 1ª a 7º ordem, 77,85% correspondem a canais de 1º ordem, o que equivale a 3.124 nascentes, situadas principalmente sobre domínios geológicos intrusivos a montante e sedimentares a jusante. (Tabelas 41 e 42 e Figura 43)

Tabela 41-Sub-bacia do rio Vermelho: dados e parâmetros morfométricos

Dados/Parâmetros	
Área de drenagem - A (km ²)	1.358,89
Perímetro - P (km)	393,06
Ordem	7°
Altitude máxima (m)	661
Altitude mínima (m)	136
Comprimento da bacia	76,09
Comprimento total dos canais	2.985,9
Número total de canais	4.013
Comprimento do canal principal (Km)	127,12
Número de nascentes	3.124
Linear	
Relação de bifurcação - Rb (Nt/km ²)	4,50
Gradiente de canais	5,19%
Índice de sinuosidade – Is	1,67
Areal	
Fator de forma – Kf	0,23
Coefficiente de compacidade – Kc	2,9855
Índice de circularidade – Ic	0,1105
Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	2,1973
Densidade hidrográfica – Dh (canais/ km ²)	2,9531
Coefficiente de manutenção - Cm (m ² /m)	455,10
Parâmetros hipsométricos	
Relação de relevo – Rr m/K	6,89
Índice de rugosidade – Ir	1.153,5
Razão de textura Rt	7,9478

Elaborado pelo autor

Tabela 42-Sub-bacia do rio Vermelho: número e percentual de canais por ordem

Ordem	Total	%
1 ^a	3.124	77,85
2 ^a	694	17,29
3 ^a	149	3,71
4 ^a	34	0,85
5 ^a	9	0,22
6 ^a	2	0,05
7 ^a	1	0,02
8 ^a	0	-

Elaborado pelo autor.

A análise linear mostra o gradiente de canais de 5,19%, capacidade de escoamento, Os canais sinuosos tem Is de 1,67. A bifurcação é de 4,50, refletindo a litologia predominantemente ígnea (com baixa porosidade primária de 0 a 15%); com efeito, “rochas mais impermeáveis possuem melhores condições para o escoamento superficial, apresentando rapidez nas respostas hídricas, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem” (SOUZA , 2015 , p. 55).

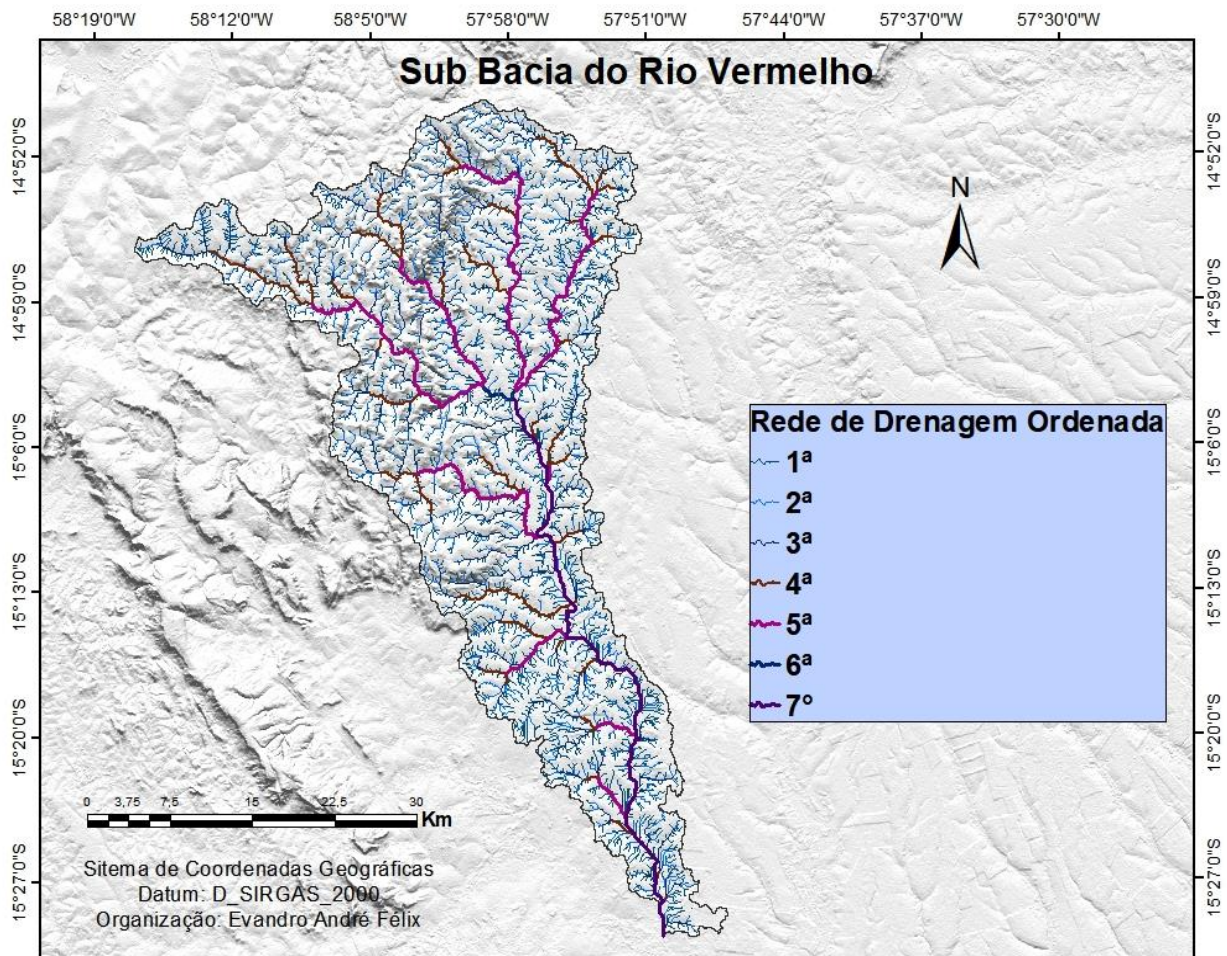


Figura 43-Sub-bacia do rio Vermelho: rede de drenagem ordenada

O fator de forma é de 0,23, e índice de circularidade, de 0,11. Os dados de área demonstram que a bacia apresenta formato alongado que, associado ao índice de compactidade de 2,98, torna a bacia pouco suscetível a inundações. Sua eficiência de escoamento é reafirmada pelos índices de densidade de drenagem (2,19 km/km²) e densidade de rios (2,95 canais por km).

O padrão hipsométrico (Figuras 44 e 45) apresenta disposição topográfica compatível com as estruturas geológicas predominantes, com altitudes elevadas no extremo norte sobre a formação Rio Branco, marcada por afloramentos intrusivos de rochas graníticas. As declividades e as altitudes mais baixas ocupam a porção centro sul, sobre substratos geológicos da formação Pantanal (fácies terraços aluvionares) e Araras (membro superior), com predomínio de relevos plano e suave (Tabela 43).

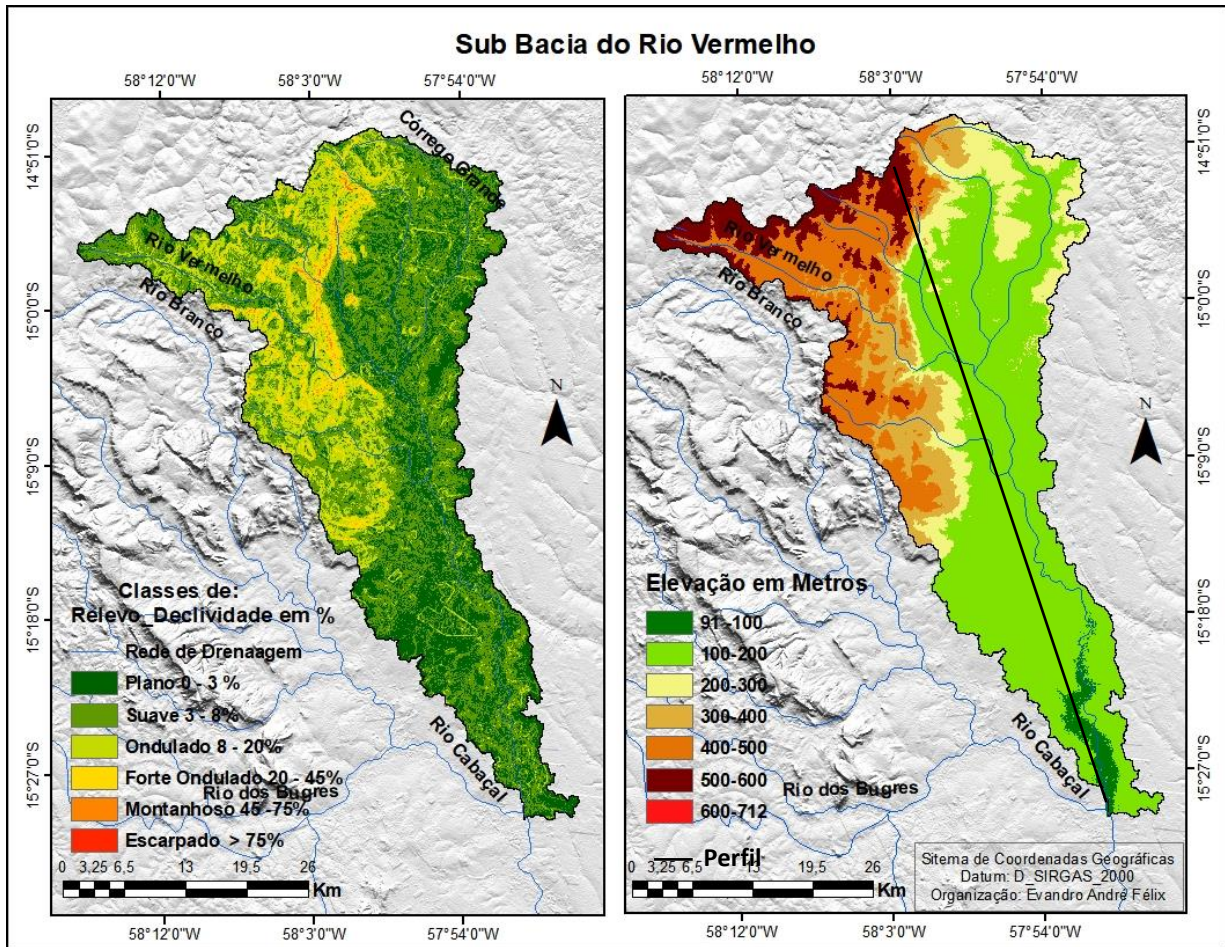


Figura 44-Sub-bacia do rio Vermelho: declividade e hipsometria

Perfil topográfico

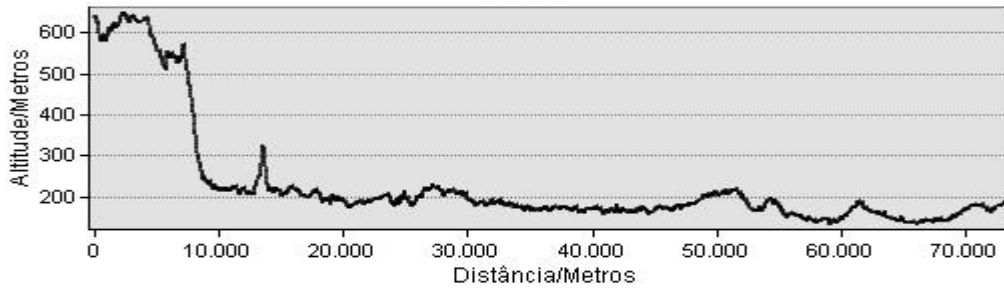


Figura 45-Sub-bacia do rio Vermelho: perfil topográfico

Tabela 43 - Sub-bacia do rio Vermelho: percentual de classes do relevo

Classes do relevo	Declividade	A/km ²	%
Plano	0 - 3%	394,64	29,05
Suave	3 - 8%	655,64	48,26
Ondulado	8 - 20%	243,36	17,91
Forte ondulado	20 - 45%	61,32	4,51
Montanhoso	45 - 75%	3,45	0,25
Escarpado	> 75%	0,05	0,004

Elaborado pelo autor

O índice de relação de relevo de 6,89 aponta para o elevado declive da sub-bacia, conferindo à rede de drenagem um fluxo caudaloso, principalmente entre alto a médio curso. Os índices de rugosidade de 1.153,5 apontam para uma leve redução dos índices de rugosidade do relevo (se comparados às demais sub-bacias de alto curso); a razão de 7,95, no entanto, enquadra a sub-bacia no padrão de textura fina, com intervalos pequenos entre os canais que compõem a drenagem.

A relação entre os aspectos ambientais (geologia, relevo, solo) apresenta relativo estado de equilíbrio nos domínios da sub-bacia. Os levantamentos realizados por Carvalho (2015) apontam que, na sub-bacia, há predomínio de solos com médio e baixo potencial para erodibilidade. Com predomínio de relevos plano (29,05%) e suave (48,26%), e uso predominante pela pecuária, a sub-bacia apresenta estabilidade geoambiental, cabendo o uso da terra de forma a proteger as Áreas de Preservação Permanente da vasta rede de drenagem, evidenciada pelos índices de *Dd* e *Dr*.

4.2. Dinâmica fluvial e regime hidrológico da bacia hidrográfica do rio Cabaçal

4.2.1 Dinâmica fluvial na bacia hidrográfica do rio Cabaçal e associações hidrogeológicas.

Nos resultados da pesquisa são apresentadas informações relevantes de seis sub-bacia que integram o sistema Cabaçal como: larguras, profundidades e áreas das seções transversais; velocidades dos fluxos e vazões; concentração de sedimentos suspensos, carga suspensa e material de fundo. Associando esses dados aos sistemas de aquíferos (Araras, Fraturado Centro-Sul, Pantanal e Parecis) (Tabela 44, 45, 46 e 47), temos:

Tabela 44-Dados hidrodinâmicos, Concentração de Sedimentos Suspensos (**Cssi**) e Carga Sólida Suspensa (**QSS**) por seção das sub-bacia

Seção	Período	Largura (M)	Profund. (M)	Veloc. (m/s)	Área (m ²)	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Cssi (mg/l ¹)	QSS T/dia
Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso								
I	Chuvas	10,20	0,64	0,44	6,49	2,89	140	34,96
	Estiagem	8,48	0,34	0,43	2,85	1,23	100	10,63
II	Chuvas	16	1,97	1,39	31,47	43,70	80	302,05
	Estiagem	15,10	1,77	0,73	26,68	19,47	40	67,29
III	Chuvas	25	1,58	1,16	39,42	45,77	80	316,36
	Estiagem	22,10	1,00	0,95	22,10	21,00	40	72,58
IV	Chuvas	12	0,34	0,59	4,04	2,38	170	34,96
	Estiagem	9,20	0,30	0,45	2,79	1,26	50	5,44
V	Chuvas	30	2,03	1,12	61	68,32	120	708,34
	Estiagem	25	1,56	0,95	39	36,89	140	446,22

VI	Chuvas	24	2,83	0,95	68	64,33	190	1.056,04
	Estiagem	18,60	1,90	0,81	35,34	28,63	50	123,68
Sub-bacia do rio Bugres								
I	Chuvas	18,50	1,77	0,86	32,68	28,07	200	485,05
	Estiagem	12	0,56	1,29	6,68	8,82	100	76,20
II	Chuvas	23	2,50	1,67	57,50	97,03	160	1.327,52
	Estiagem	10	1,87	1,12	18,73	21,00	160	290,30
III	Chuvas	25	4,13	0,60	103,25	61,64	230	1.224,91
	Estiagem	16,30	1,48	0,54	24,12	13,00	70	78,62
Sub-bacia do rio Branco								
I	Chuvas	27	2,1	0,42	54,27	22,96	150	297,56
	Estiagem	17	0,91	0,77	15,53	11,96	60	62,00
II	Chuvas	27	0,79	1,18	21,42	25,25	160	349,06
	Estiagem	22	0,66	0,48	14,45	6,95	40	24,02
III	Chuvas	17	1,62	0,65	27,48	17,86	160	246,90
	Estiagem	11	0,79	0,54	8,65	4,66	200	80,52
IV	Chuvas	33	2,10	0,63	69,30	43,66	160	603,56
	Estiagem	24	1,43	0,39	34,24	13,35	60	70,24
V	Chuvas	37	3,17	1,01	117,17	117,75	200	2.034,72
	Estiagem	28	0,61	0,95	16,99	16,07	60	83,31
Sub-bacia do rio Vermelho								
I	Chuvas	15,90	2,42	0,37	38,53	14,06	260	329,32
	Estiagem	10,20	0,81	0,33	8,26	2,73	70	16,51
II	Chuvas	37	3,66	0,60	135,30	80,77	200	1.395,71
	Estiagem	24	1,18	0,34	28,24	9,49	180	147,59
III	Chuvas	24	2,45	1,21	58,72	70,93	190	1.164,39
	Estiagem	19	2,17	0,37	41,17	15,03	100	129,86
IV	Chuvas	22	4,90	0,48	107,80	51,74	180	804,66
	Estiagem	18	1,12	0,65	20,10	13,07	160	180,68
Sub-bacia rio Cabaçal médio curso								
I	Chuvas	52,42	2,99	1,16	156,56	181,61	200	3.138,22
	Estiagem	42,20	1,11	0,95	46,70	44,18	40	152,69
II	Chuvas	35	4,03	1,29	141,17	182,11	220	3.461,55
	Estiagem	30	1,52	0,69	45,60	31,24	220	593,81
III	Chuvas	38,20	4,17	1,50	159,17	238,75	220	4.538,16
	Estiagem	32,00	1,55	1,00	49,71	49,71	70	300,65
IV	Chuvas	40,80	4,87	0,71	198,56	141,77	210	2.572,27
	Estiagem	28	1,90	0,54	53,11	28,41	220	540,02
Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso								
I	Chuvas	50	4,28	0,89	213,33	189,44	280	4.582,93
	Estiagem	43,90	1,50	0,62	65,70	40,74	130	457,59
II	Chuvas	44	2,83	0,74	124,67	92,63	210	1.680,68
	Estiagem	40,80	1,31	0,57	53,45	30,36	130	341,00
III	Chuvas	39	4,33	0,54	169	91,09	200	1.574,04
	Estiagem	35	1,57	0,83	54,83	45,51	120	471,85

Elaborado pelo autor.

Tabela 45 - Composição e percentuais da granulometria dos sedimentos de fundo por seção e sub-bacia

Local		Areia						Silte		Argila	
		Grossa		Média		Fina		Total	%	Total	%
Seção	Período	Total	%	Total	%	Total	%				
Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso											
I	Chu.	1,90	9,50	3,78	18,90	14,22	71,10	0,04	0,20	0,06	0,30
	Esti.	0,78	3,9	0,46	2,3	18,56	92,8	0,11	0,55	0,08	0,4
II	Chu.	0,04	0,20	0,03	0,15	19,61	98,05	0,22	1,10	0,09	0,45

	Esti.	0,22	1,1	0,04	0,2	19,38	96,9	0,02	1,65	0,02	0,1
III	Chu.	1,53	7,65	1,80	9,00	16,33	81,65	0,26	1,30	0,07	0,35
	Esti.	0,00	0,00	0,00	0,00	19,51	97,55	0,39	1,95	0,09	0,45
IV	Chu.	3,54	17,70	9,38	46,90	6,93	34,65	0,03	0,15	0,09	0,45
	Esti.	5,06	25,3	10,19	50,95	4,33	21,65	0,32	1,6	0,09	0,45
V	Chu.	1,83	9,15	8,98	44,90	9,06	45,30	0,04	0,20	0,08	0,40
	Esti.	2,03	10,15	10,95	54,75	6,31	31,55	0,63	3,15	0,08	0,4
IV	Chu.	2,96	14,50	1,66	8,30	15,00	75	0,30	1,50	0,07	0,35
	Esti.	0,41	2,05	2,28	11,4	16,12	80,6	0,59	2,95	0,06	0,3
Sub-bacia do rio Bugres											
I	Chu	0,82	4,10	8,21	41,05	10,51	52,55	0,36	1,80	0,09	0,45
	Esti	3,29	16,45	12,35	61,75	4,07	20,35	0,19	0,95	0,08	0,4
II	Chu	0,30	1,50	2,35	11,75	16,35	81,75	0,09	0,45	0,10	0,50
	Esti	0,16	0,08	0,4	2,0	18,26	91,3	0,76	3,8	0,09	0,45
III	Chu	0,05	0,25	4,65	23,25	13,97	69,85	1,19	5,95	0,12	0,6
	Esti	0,18	0,9	11,1	55,5	8,62	43,1	0,16	0,8	0,03	0,15
Sub-bacia do rio Branco											
I	Chu	0,21	1,05	1,62	8,10	18,00	90	0,09	0,45	0,07	0,35
	Esti	0,16	0,8	0,33	1,65	18,35	91,75	1,04	5,2	0,18	0,9
II	Chu	0,00	0,00	0,05	0,25	19,78	98,9	0,08	0,40	0,09	0,45
	Esti	0,01	0,05	0,13	0,65	19,56	97,8	0,23	1,15	0,07	0,35
III	Chu	0,47	2,35	7,15	35,75	12,29	61,45	0,00	0	0,08	0,40
	Esti	9,56	47,8	3,15	15,75	6,24	31,2	1	5	0,08	0,4
IV	Chu	0,00	0,00	0,02	0,10	10,76	53,80	8,65	43,25	0,57	2,85
	Esti	0,13	0,65	2,64	13,2	17,08	85,4	0,07	0,35	0,07	0,35
V	Chu	0,01	0,05	0,12	0,60	19,44	97,20	0,36	1,80	0,07	0,35
	Esti	3,45	17,25	0,84	4,2	14,26	71,3	1,33	6,65	0,11	0,55
Sub-bacia do rio Vermelho											
I	Chu	0,25	1,25	3,98	19,90	15,48	77,40	0,20	1,00	0,09	0,45
	Esti	5,35	26,75	6,62	33,1	7,38	36,9	0,54	2,7	0,10	0,5
II	Chu	0,08	0,40	0,66	3,3	19,18	95,90	0,02	0,1	0,06	0,30
	Esti	0,08	0,4	2,00	10	17,82	89,1	0,08	0,4	0,03	0,15
III	Chu	0,33	1,65	0,52	2,60	17,90	89,50	1,10	5,50	0,14	0,70
	Esti	0,2	1	0,91	4,55	16,61	83,05	2,11	10,55	0,15	0,75
IV	Chu	0,12	0,60	0,17	0,85	15,90	79,50	3,57	17,85	0,24	1,20
	Esti	0,31	1,55	2,28	11,4	16,93	84,65	0,41	2,05	0,07	0,35
Sub-bacia rio Cabaçal médio curso											
I	Chu	0,00	0	0,24	1,20	19,07	95,35	0,60	3	0,09	0,45
	Esti	0,07	0,35	0,11	0,55	18,32	91,6	1,33	6,65	0,15	0,75
II	Chu	0,02	0,10	0,03	0,15	19,77	98,85	0,09	0,45	0,08	0,4
	Esti	0,00	0,00	0,11	0,55	18,49	92,45	1,26	6,3	0,13	0,65
III	Chu	2,00	10,00	1,31	6,55	16,57	82,85	0,04	0,20	0,08	0,40
	Esti	0,04	0,2	0,15	0,75	18,05	90,25	1,7	8,5	0,27	1,35
IV	Chu	0,00	0	0,18	0,90	19,64	98,20	0,1	0,50	0,08	0,40
	Esti	0,21	1,05	2,50	12,5	17,17	85,85	0,05	0,25	0,07	0,35
Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso											
I	Chu	0,02	0,10	0,05	0,25	18,62	93,10	1,24	6,20	0,04	0,20
	Esti	0,09	0,45	0,15	0,75	17,74	88,7	0,99	4,95	0,07	0,35
II	Chu	0,39	1,95	3,12	15,65	16,31	81,55	0,12	0,62	0,08	0,4
	Esti	0,08	0,4	0,44	2,2	19,36	96,8	0,04	0,2	0,08	0,4
III	Chu	0,23	1,15	5,53	27,63	13,93	69,63	0,21	1,03	0,10	0,50
	Esti	0,32	1,6	7,52	37,6	12,04	60,2	0,09	0,45	0,06	0,3

Elaborado pelo autor

Tabela 46 - Diferença percentual de vazão e Qss T¹ entre cheia e estiagem por seção

Seção	Vazão (m ³ s)			Carga Sólida Suspensa (T ¹ Dia) (QSS)		
	Período		Variação	Período		Variação
	Chuvoso	Estiagem		Chuvoso	Estiagem	
Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso						
I	2,89	1,23	-57%	34,96	10,63	-70%
II	43,70	19,47	-55%	302,05	67,29	-78%
III	45,77	21,00	-54%	316,36	72,58	-77%
IV	2,38	1,26	-47%	34,96	5,44	-84%
V	68,32	36,89	-46%	708,34	446,22	-37%
VI	64,33	28,63	-55%	1.056,04	123,68	-88%
Sub-bacia do rio Bugres						
I	28,07	8,82	-69%	485,05	76,20	-84%
II	96,03	21,00	-78%	1.327,52	290,30	-78%
III	61,64	13,00	-79%	1.224,91	78,62	-94%
Sub-bacia do rio Branco						
I	22,96	11,96	-48%	297,56	62,00	-79%
II	25,25	6,95	-72%	349,06	24,02	-93%
III	17,86	4,66	-74%	246,90	80,52	-67%
IV	43,66	13,55	-69%	603,56	70,24	-88%
V	117,75	16,07	-86%	2.034,72	83,31	-96%
Sub-bacia do rio Vermelho						
I	14,66	2,73	-81%	329,32	16,51	-95%
II	80,77	9,49	-88%	1.395,71	147,59	-89%
III	70,93	15,03	-79%	1.164,39	129,86	-89%
IV	51,74	13,07	-75%	804,66	180,68	-78%
Sub-bacia rio Cabaçal médio curso						
I	181,61	44,18	-76%	3.138,22	152,69	-95%
II	182,11	31,24	-83%	3.461,55	593,81	-83%
III	238,75	49,71	-79%	4.538,16	300,65	-93%
IV	141,77	28,41	-80%	2.572,27	540,02	-79%
Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso						
I	189,44	40,74	-78%	4.582,93	457,59	-90%
II	92,63	30,36	-67%	1.680,68	341,00	-80%
III	91,09	45,51	-50%	1.574,04	471,85	-70%

Elaborado pelo autor

Tabela 47 - Unidades hidrogeológicas: percentual por sub-bacia

Sub-bacia	Aquífero	Área km ²	%
Cabaçal alto curso	Pantanal	11	1,0
	Parecis	659	53,0
	Faturado Centro-Sul	565	46,0
Rio Branco	Pantanal	25	2,0
	Parecis	79	8,0
	Faturado Centro-Sul	928	90,0
Rio Bugres	Pantanal	45	4,0
	Faturado Centro-Sul	1039	92,0
	Araras	51	4,0
Rio Vermelho	Pantanal	325	23,9
	Parecis	67	4,9
	Faturado Centro-Sul	884	65,1
	Araras	81	6,0

Cabaçal médio curso	Pantanal	119	50,0
	Araras	117	50,0
Cabaçal baixo curso	Pantanal	601	93,0
	Araras	44	7,0

Elaborado pelo autor a partir do CPRM (2004)

4.2.1.1 Sub-bacia do rio Cabaçal alto curso

Na sub-bacia do rio Cabaçal alto curso, foram analisadas seis seções distribuídas ao longo do alto, médio e baixo curso. No alto curso, foram analisadas as Seções I (Córrego Guanabara) II (rio Cabaçal montante), III (Cabaçal jusante) e IV (córrego Dracena). No médio curso, seção V (rio Cabaçal comunidade Cigarra), e no baixo curso, seção VI (rio Cabaçal foz), constituída predominantemente pelos aquíferos Parecis (53,0%) e Fraturado centro sul (46,0%) (Figura 46).

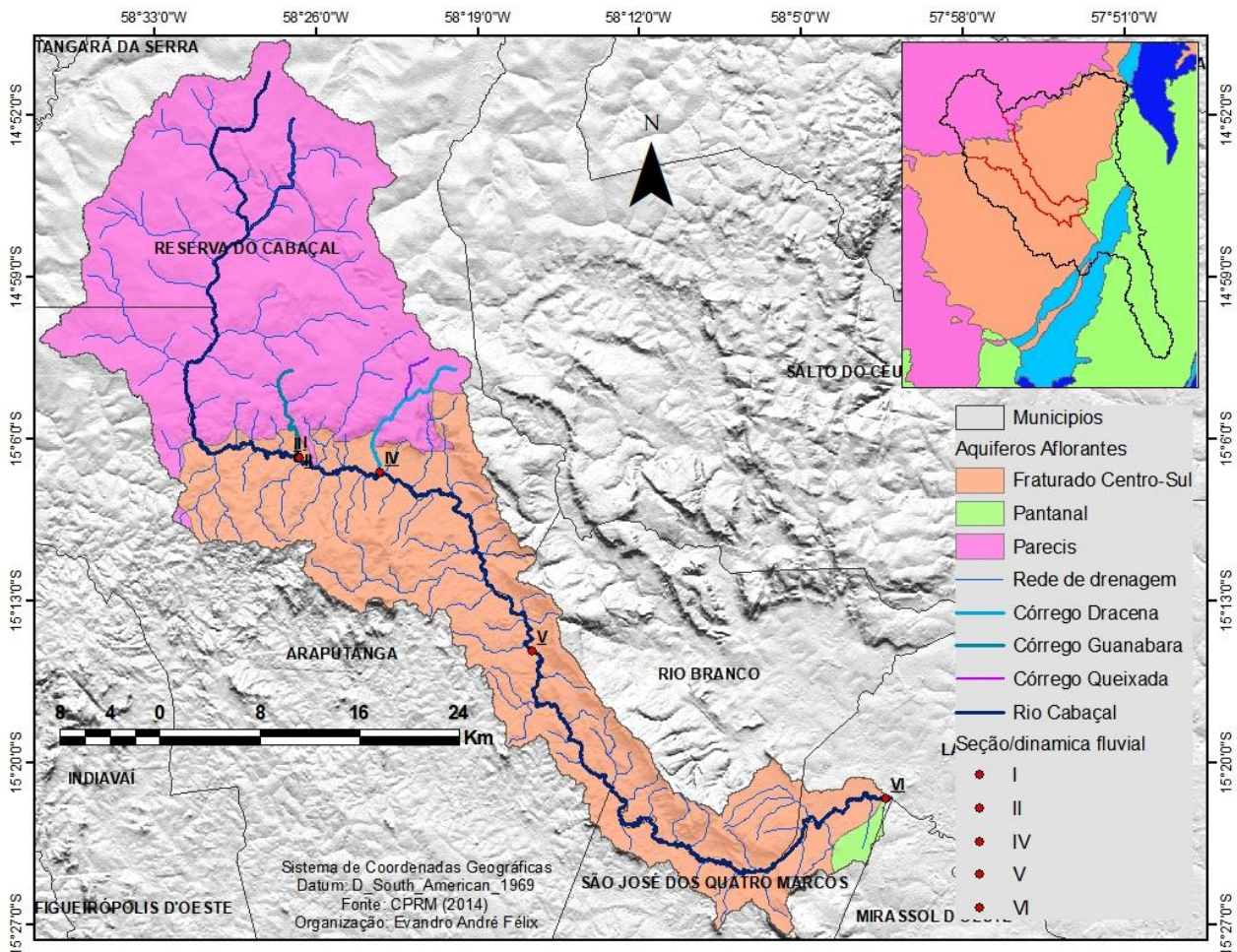


Figura 46 - Sub-bacia Cabaçal alto curso: contexto hidrogeológico e as seções monitoradas

Seção I – Córrego Guanabara

Afluente da margem esquerda do rio Cabaçal, o córrego Guanabara (Figura 46) tem suas nascentes situadas no planalto e aquífero Parecis, dispõe de canal encaixado e leito rochoso, com ausência de mata ciliar em determinados trechos. Apresentou vazão de 2,80 m³/s no período chuvoso e 1,23 m³/s na estiagem, com redução de 57%. (Tabela 44). A Concentração de Sedimentos Suspensos (C_{ssi}) foi de 140 mg/l¹ no período chuvoso, e 100 mg/l¹ na estiagem, totalizando carga solidada suspensa de (Q_{ss}/T¹) de 34,96 no período chuvoso e 10,63 ton/dia na estiagem, totalizando redução de 70%.

A redução de vazão e C_{ssi} está relacionada à estiagem e redução do escoamento superficial. Na granulometria dos sedimentos de fundo, prevaleceu a fração areia fina nos dois períodos (Tabela 45). Estudos realizados por Ribeiro *et al* (2013), constaram que o córrego Guanabara se encontra sobre intenso processo de degradação, decorrente das condições naturais e uso inapropriado da terra, tendo esse processo desencadeado formação de voçorocas e ravinas, expondo o lençol freático (Figura 47).

Figura 47 - Seção I - Córrego Guanabara



Evandro André Félix. Agosto/2017.

Seção II – Rio Cabaçal montante

Na seção II, a Concentração de Sólido Suspenso foi de 80 mg/l¹ no período chuvoso e 40 na estiagem. A vazão no período chuvoso foi de 43,70 m³/s e 19,47 na estiagem, compreendendo uma redução de 55% na vazão. A carga de fundo predominante foi areia fina cerca de 90% nos dois períodos. A Figura 48 mostra as

características da seção, as margens preservadas, o leito encaixado e rochoso, contribuindo para a baixa Concentração de Sólidos Suspensos (C_{ssi}).

Figura 48 - Seção II - Rio Cabaçal montante



Evandro André Félix. Agosto/2017.

Seção III – Rio Cabaçal jusante

A seção III encontra-se a no rio Cabaçal a jusante da confluência com o córrego Guanabara. A vazão foi de 45,77 m³/s no período chuvoso, diminuindo para 21 m³/s na estiagem, cuja oscilação foi de -57% no período.

A Concentração de Sedimentos Suspensos (Q_{ssi}) foi de 316,36 ton/dia no período chuvoso e 72,58 ton/dia na estiagem. Predominou areia fina nos sedimentos de fundo, superior a 90%. Nesta seção foram observadas APPs fragmentadas com margens desprotegidas e ocorrência de erosão de margem (solapamento do barranco) (Figura 49).

Ao analisar as três seções (I, II e III), pode-se observar que na seção I o fluxo possui maior concentração de sedimentos em relação às demais seções. A drenagem do córrego Guanabara (seção 1) apresenta intenso processo de degradação, com leito assoreado (barras), e cuja profundidade média não passa de 64 cm no período chuvoso e 34 na estiagem (Figura 50).

Figura 49 - Seção III - Rio Cabaçal jusante



Evandro André Félix. Agosto/2017.

Figura 50 - Seção I, II e III - Confluência do rio Cabaçal com córrego Guanabara



Evandro André Félix. Agosto/2017.

Seção IV – Córrego Dracena

Localizado na margem esquerda do rio Cabaçal, o córrego Dracena possui nascentes situadas no planalto e aquífero Parecis, percorrendo áreas de relevo, forte ondulado e escarpado.

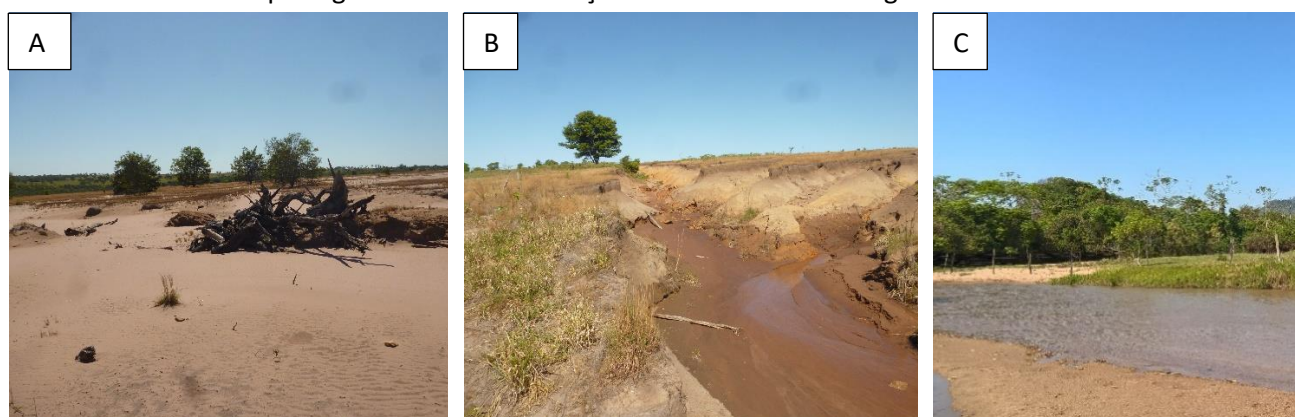
Apresentou vazão de 2,38 m³/s no período chuvoso e de 1,26 na estiagem, com variação de vazão (-47%). As concentrações de C_{ssi}¹ foi de 170 mg/l¹ no período chuvoso e 50 mg/l¹ na estiagem, com redução de -84%. A Q_{ss}/T¹ foi de 34,96 ton/dia no período chuvoso, diminuindo para 5,44 ton/dia na estiagem. Ao relacionar a vazão e a descarga sólida verifica-se alta Concentração de Sedimentos Suspensos, vinculada ao desmatamento de encostas e mata ciliar, material de origem e introdução da pecuária. (Figura 51)

A concentração de sedimentos de fundo apresentou maior percentual de areia média (47,9%) e grossa (17,7%) no período de chuvoso, com elevação destes percentuais na estiagem, registrando 50,95 % de areia média e 25,3% de areia grossa. A profundidade média variou de 30 cm a 34 cm, com presença de barras centrais, laterais e submersas ao longo do perfil longitudinal.

Os efeitos de degradação desencadeados pelo processo histórico de ocupação e uso da terra na sub-bacia são visíveis. Iniciando-se pelo desmatamento e ocupação pela pecuária de áreas de preservação permanente, associados aos solos de baixa resistência mecânica, estas áreas se tornaram vulneráveis ao desenvolvimento de processos erosivos. Na Figura 51 (A, B e C) é possível observar os processos erosivos que são fontes de sedimentos para os canais fluviais e todo o complexo da depressão pantaneira.

Figura 51 - Córrego Dracena e aspecto do uso ocupacional da terra

*A – Área de pastagem arenizada *B-Voçoroca em rede de drenagem *C – Canal assoreado



Evandro André Félix. Julho/2017.

Seção V - Rio Cabaçal médio curso (ponte na comunidade Cigarra)

A Seção V encontra-se no médio curso do rio Cabaçal. No período chuvoso a vazão foi de 68,32 m³/s e 36,89 na estiagem, com redução de 46 %, a Concentração de Sedimento Suspenso foi de 120 mg/l¹ no período chuvoso e 140 mg/l na estiagem. A Qss¹ foi de 708,34 ton/dia no período chuvoso e 446,22 ton/dia, com aumento no volume de areias grossa e média, nos dois períodos (Tabela 45).

Na seção V a mata ciliar está preservada, no segmento registra o estreitamento do canal, na margem esquerda possui controle estrutural (serras e escarpas com altitudes superiores a 600 metros), com afloramento rochoso no leito, sobre domínios do aquífero Fraturado centro sul (Figura 52).

Figura 52 - Seção V - Rio Cabaçal médio curso (ponte na comunidade Cigarra)



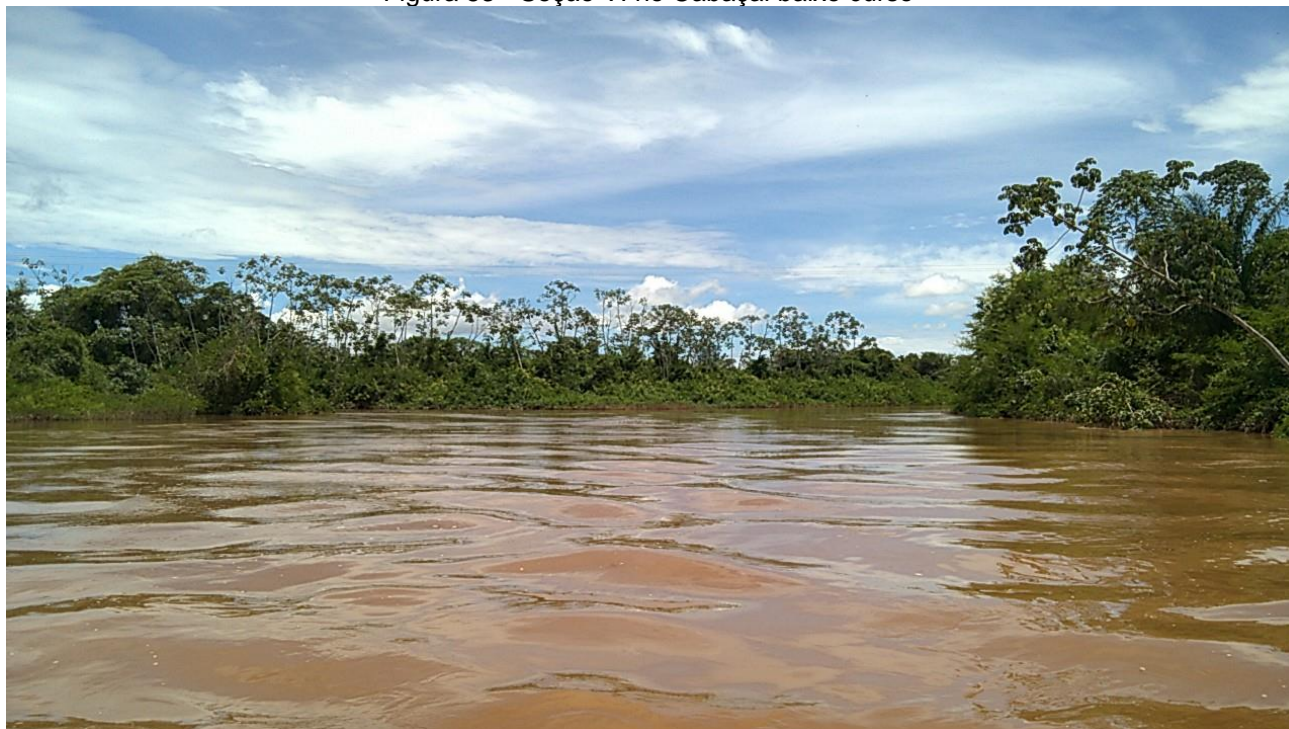
Evandro André Félix. Agosto/2017

Seção VI – Rio Cabaçal baixo curso

Na seção VI (Figura 53) (rio Cabaçal baixo curso) a vazão no período chuvoso foi de 64,33 m³/s, e na estiagem, de 28,63 m³/s, com uma redução de vazão de 55%. A Cssi foi de 190 mg/l¹ no período chuvoso e de 50 mg/l¹ na estiagem; a Carga Sólida Suspensa (Qss/T¹) foi 1.056,04 ton/dia no período chuvoso e de 123,68 ton/dia na estiagem.

A granulometria dos sedimentos de fundo apresentou predomínio de areia fina em ambos os períodos.

Figura 53 - Seção VI rio Cabaçal baixo curso



Evandro André Félix. Agosto/2017

Sob influência do aquífero Parecis a sub-bacia (seção VI) apresentou importante equilíbrio entre as vazões médias entre o período chuvoso e estiagem, com boa capacidade de manutenção dos fluxos superficiais. As menores reduções de vazão por período, evidencia a influência da composição hidrogeológica. Cutrim (2010), afirma que o aquífero Parecis é constituído pelas formações geológica Utiariti, e dispõe de uma espessura média de 90 m, dispõe de grande capacidade hidráulica, podendo ser considerado como um aquífero com condições de armazenar e liberar grandes volumes de água, contribuindo com a manutenção dos rios nos períodos de debito pluviométrico.

4.2.1.2 Sub-bacia do rio Branco

Foram monitoradas cinco seções da sub-bacia, predominantemente situada sobre ocorrência das formações geológicas Vale da Promissão e Fortuna e rio Branco, com composição dos neossolos quartzarênicos, nitossolo, latossolo, gleissolos, cambissolos e argissolo (Figura 54).

O sistema hidrogeológico predominante é constituído pelo aquífero Fraturado centro sul que se estende por 90% da área da bacia (Figura 54). As cabeceiras da rede

de drenagem ocorrem sobre domínio do aquífero Parecis; em pequena proporção, próxima da foz, há a influência do aquífero Pantanal.

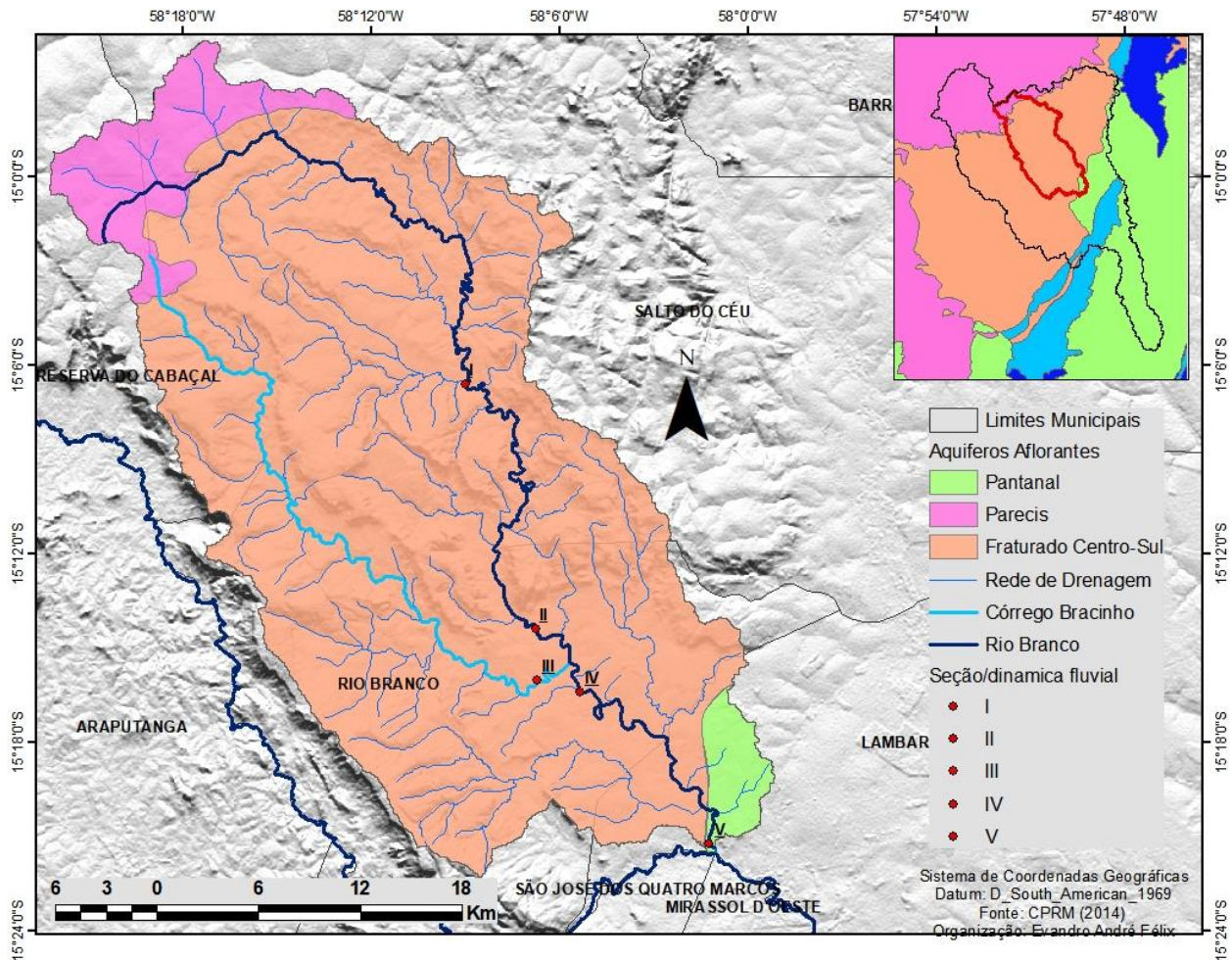


Figura 54 - Sub-bacia do rio Branco: contexto hidrogeológico e as seções monitoradas

Seção I – Rio Branco alto curso

Na seção I, a vazão foi de 22,96 m³/s no período chuvoso e 11,96 m³/s na estiagem, com redução da vazão de 48% (Tabela 39). A concentração de sedimentos foi de 150 mg/l¹ e 60 mg/l¹ na estiagem. O Qss foi de 297,5 ton/dia no período chuvoso e 62,0 ton/dia na estiagem. A análise dos sedimentos de fundo mostrou predominância de areia fina, acima de 90%, nos dois períodos. Verificou-se a presença de barras de sedimentos (composto de seixos) (Figura 55 B) na margem esquerda, mostrando que o rio dispõe de capacidade de transportar sedimentos grosseiros, como seixos e matacões.

A Figura 55 (A) mostra a formação de depósitos de areia fina, acima da seção molhada. A figura 55 (B e C) mostra os depósitos de seixos rolados e sequência granulométrica dos sedimentos.

Seção II - Rio Branco médio curso (confluência com o córrego Bracinho)

Na seção II do rio Branco, localiza-se o perímetro urbano de Alto do Céu (médio curso). A seção registrou vazão $25,25 \text{ m}^3/\text{s}$ no período chuvoso e $6,95 \text{ m}^3/\text{s}$ na estiagem, com redução de 72 % (Tabela 46). A Concentração de Sedimentos em Suspensão foi de 160 mg/l^1 no período chuvoso e 40 mg/l^1 na estiagem. A Carga Suspensa (Q_{ss}/T^1) no período chuvoso foi de $349,06 \text{ ton}/\text{dia}$ e $24,02 \text{ ton}/\text{dia}$ na estiagem.

Figura 55 - Seção I - Rio Branco alto curso



Evandro André Félix. Agosto/2017

De leito predominantemente rochoso e declividade do terreno que favorece a formação de corredeiras, é possível observar que a seção o rio dispõe de alta capacidade de transportar material sólido de granulometria diversificada (Figura 56). As profundidades variam entre 0,79 a 0,66 metros, e a velocidade média entre $1,18 \text{ m/s}$ (chuvoso) e $0,49 \text{ m/s}$ (estiagem).

Figura 56 - Seção II - Rio Branco montante (médio curso)



Evandro André Félix. Agosto/2017

Seção III – Córrego Bracinho

A seção III compreende o córrego bracinho, afluente da margem direita do rio Branco. A análise hidrodinâmica no período de chuvoso e estiagem mostrou a redução da vazão, passando de 17,86 m³/s na cheia para 4,66 m³/s na estiagem. Em seus estudos, Oliveira (2017) observou vazão de 1,976 m³/s durante a estiagem e 35,07 m³/s nas cheias. Com leito rochoso aflorado na estiagem (Figura 57), a seção é composta por rochas sedimentares metamórficas (ardósia, metargilite, metassiltite).

Figura 57 - Seção III - Córrego Bracinho



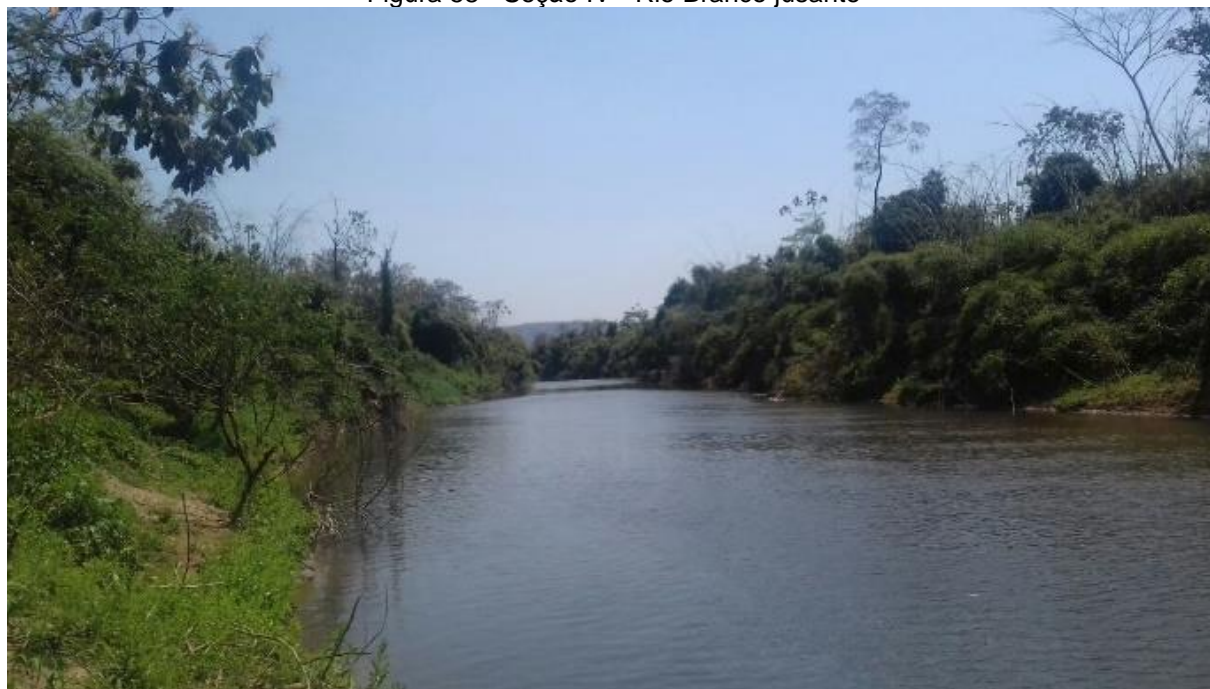
Evandro André Félix. Agosto/2017

Na sedimentação de fundo predominou a areia fina (61,45 %) no período chuvoso; na estiagem houve maior concentração de areia grossa (47%). A concentração de sedimentos em suspensão foi de 160 mg/l¹ no período chuvoso e 200 mg/l¹ na estiagem. A carga suspensa foi de 246,96 ton/dia no período chuvoso e 80,52 ton/dia na estiagem.

Seção IV - Rio Branco jusante (médio curso)

Na seção IV a vazão foi de 43,66 m³/s no período chuvoso e 13,55 m³/s na estiagem. A Concentração do Sólido Suspenso foi 160 mg/l¹ no período chuvoso e 60 mg/l¹ na estiagem. A carga suspensa foi 603,56 ton/dia no período chuvoso e 70,74 ton/dia na estiagem (Figura 58). Entre os sedimentos de fundo, predominou areia fina e silte na estação chuvosa (53,8% areia fina e 43,25 silte) e areia média e fina na estação seca (85,4% areia fina e 13,2% média).

Figura 58 - Seção IV - Rio Branco jusante



Evandro André Félix. Agosto/2017

Seção V – Rio Branco foz (baixo curso)

Na Seção V (rio Branco), a vazão foi de 117,75 m³/s no período chuvoso e 16,07 m³/s na estiagem, com redução da vazão de 86%. Estudos realizados por Oliveira (2017) registraram vazão de 4,861 m³/s no período de estiagem e de 126,42 m³/s no período chuvoso. A Concentração de Sólido Suspenso foi de 200 mg/l¹ no período chuvoso e 60 mg/l¹ na estiagem. A carga suspensa foi de 2.034,72 ton/dia na cheia e 83,31 ton/dia na estiagem (Figura 59).

Figura 59 - Seção V - Rio Branco foz (baixo curso)



Evandro André Félix. Agosto/2017

Os dados das seções I, II, III, IV e V evidenciam que a sub-bacia do rio Branco contribui com maior volume de vazão para o rio Cabaçal no período chuvoso, com expressiva redução ($16,07 \text{ m}^3/\text{s}$) no período de estiagem, evidenciando, portanto, que a bacia apresenta forte débito fluvial no período de estiagem, fato relacionado a sua composição hidrogeológica, caracterizado por 90% de área drenada sobre o aquífero Fraturado centro sul. Mello *et al* (2013), destaca que estes sistemas apresentam baixa condutividade hidráulica, e reduzem a taxa de infiltração, retendo menos águas das chuvas, favorecendo maior escoamento superficial por unidade de área, o que leva a maiores vazões de cheia. Os autores, ainda afirmam que “a baixa condutividade hidráulica destes aquíferos dificultam o fluxo de água subterrâneo fazendo com que eles contribuam com uma parcela muito pequena das vazões mínimas do rio.”

4.2.1.3 Sub-bacia do rio Bugres

A Sub-bacia do rio Bugres possui 92 % de área sob domínio do aquífero Fraturado centro sul (Tabela 47). 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 (Figura 60).

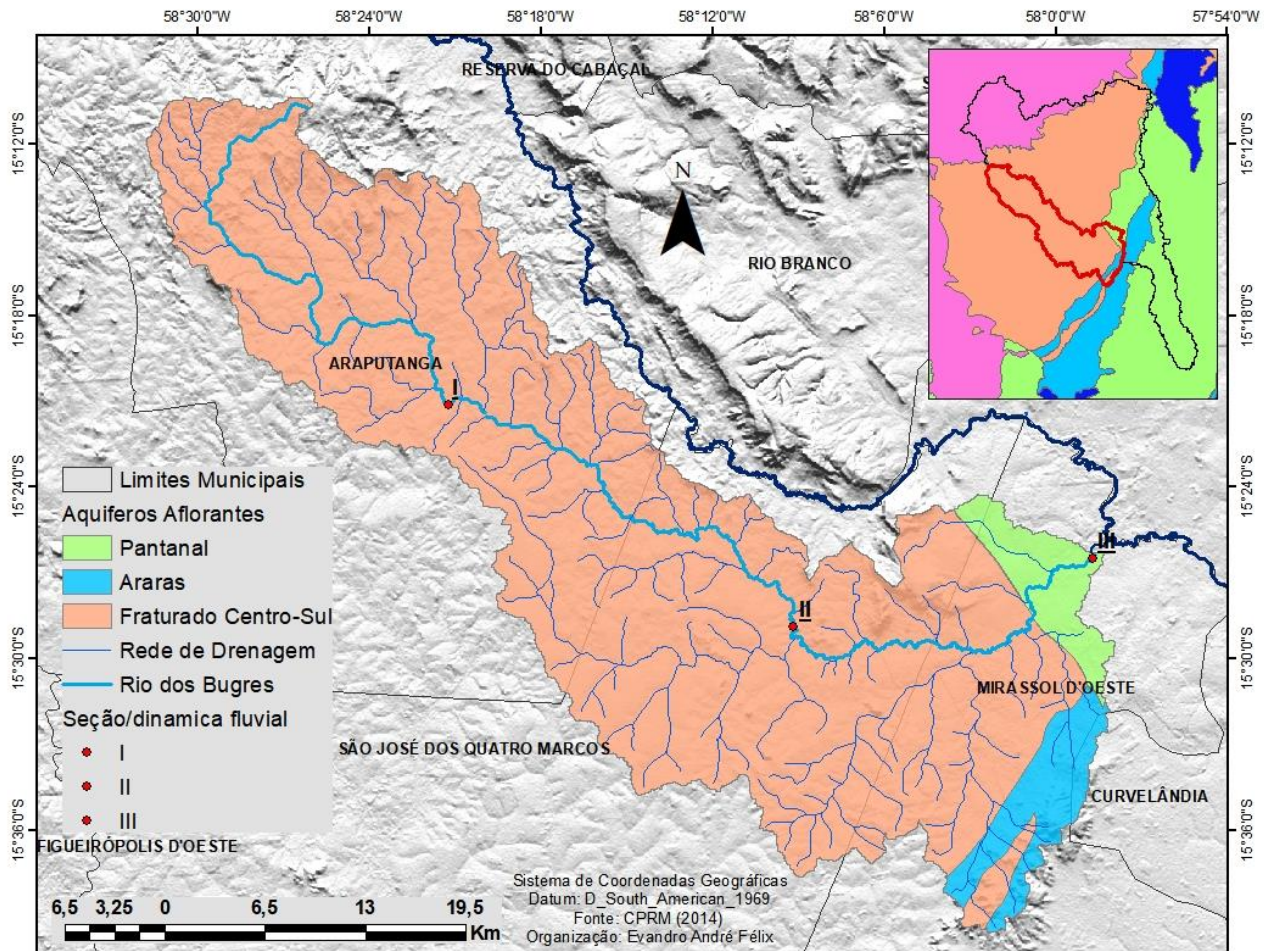


Figura 60 - Sub-bacia do rio Bugres: contexto hidrogeológico e seções monitoradas

Seção I – Rio Bugres alto curso

Na seção I, a vazão no período chuvoso foi de 28,07 m³/s e 8,82 m³/s na estiagem, com redução de 69 %. A Concentração de Sólido Suspenso foi de 200 mg/l¹ no período chuvoso e de 100 mg/l¹ 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% média).

Na estiagem ocorreu aumento da concentração 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, já na margem esquerda é ocupada por pastagem, em que o gado acessa a água do rio. (Figura 61), aspecto comum nos domínios da sub-bacia, uma vez que a pecuária ocupa quase que a totalidade das áreas (83,52%), elementos de uso que potencializa o escoamento superficial, comprometendo

ainda mais as taxas de recarga do sistema de aquífero naturalmente de baixa disponibilidade hídrica.

Figura 61 - Seção I - Rio Bugres alto curso



Evandro André Félix. Agosto/2017

Seção II – rio Bugres médio curso

Na seção II no médio curso, o rio Bugres apresentou vazão de 96,03 m³/s no período de cheia e de 21,00 m³/s na estiagem, uma queda de 78% na vazão. A Concentração de Sólido Suspenso de 160 mg/l¹ nos dois períodos. A carga suspensa foi de 1.327,52 ton/dia no período chuvoso e 290,30 ton/dia na estiagem.

Entre os sedimentos de fundo nos dois períodos, predominou areia fina, acima de 80 %. A imagem a seguir (Figura 62) evidencia ausência de matas ciliares na margem direita, com ocorrência de pastagens.

Seção III – Rio Bugres baixo curso

A seção III apresentou vazão de 61,64 m³/s no período, enquanto que, na estiagem, a vazão decresceu para 13 m³/s, uma queda de 79 % da vazão entre os períodos. As concentrações de Cssi foram de 230 mg/l¹ no período chuvoso e 70 mg/l¹ 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 (Figura 63).

Figura 62 - Seção II - Rio Bugres médio curso



Evandro André Félix. Agosto/2017

Figura 63 - Seção III rio Bugres (baixo curso)



Evandro André Félix. Agosto/2017

A análise conjunta e integrada as unidades de aquífero das seções releva padrão variável da vazão entre as três seções. Conforme dados da (Tabela 46) 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.

4.2.1.4 Sub-bacia do rio Vermelho

Na sub-bacia do rio Vermelho foram monitoradas quatro seções. Seção I no córrego Grande, seção II no alto curso do rio Vermelho, seção III no médio curso do rio Vermelho e seção IV no baixo curso do rio Vermelho (Figura 64). Sua área de drenagem está contida sobre domínios hidrogeológicos do aquífero Parecis (poroso) ocupando uma pequena porção do alto curso, aquífero Fraturado centro sul (fraturado), que se estende por todo o alto curso; aquífero Pantanal (Poroso) localizado de médio a baixo curso, e aquífero Araras (cárstico), que se localiza no baixo curso da bacia (Figura 64). Em relação ao uso da terra, predomina a pecuária, seguida da agricultura, baseada na cana de açúcar, soja e milho.

Seção I – Córrego Grande

A seção I da sub-bacia do rio Vermelho corresponde a uma seção transversal do córrego Grande, afluente da margem esquerda. Esta seção registrou vazão de 14,66 m³/s¹ no período chuvoso. Na estação seca, a vazão decresce para 2,73 m³/s¹, totalizando redução da vazão de 81 %. As Concentrações de Sólidos Suspensos foram de 260 mg/l¹ na cheias e 60 mg/l¹ na estiagem, com carga suspensa variando de 329,31 e 16,51 ton/dia nos respectivos períodos.

Em relação ao sedimento de fundo, a seção registrou maior concentração de areia fina (77,4 %) e média (19,9%) no período chuvoso. Na estiagem ficou assim distribuído: 36,9 % de areia fina, 33,1 de média e 26,71% de areia grossa. A mata ciliar se mantém preservada (Figura 65).

Seção II – Rio Vermelho alto curso

A Seção II está localizada no rio Vermelho. A jusante do córrego Grande, o rio apresentou vazão de 80,77 m³/s¹ no período chuvoso e 9,49 m³/s¹ na estiagem, uma redução de 88% na vazão para o período. No período chuvoso, a seção registrou uma concentração de sedimentos de 200 mg/l¹ e de 180 mg/l¹ na estiagem. A carga suspensa

variou de 1.395,71 a 147 ton/dia para os respectivos períodos. Entre o material de fundo, prevaleceu areia fina para ambos os períodos.

As margens estão preservadas, com vegetação nativa densa (Figura 66). Os dados analisados nas seções I e II, correspondentes ao alto curso da sub-bacia, apontam para elevadas taxas de redução de vazão, podendo este fato estar associado à composição hidrogeológica da área, marcada pelo sistema do aquífero Fraturado do centro sul e geologia do grupo rio Branco, de rochas ígneas, intrusivas de baixa porosidade, dificultando a infiltração e retenção das águas pluviais no período chuvoso.

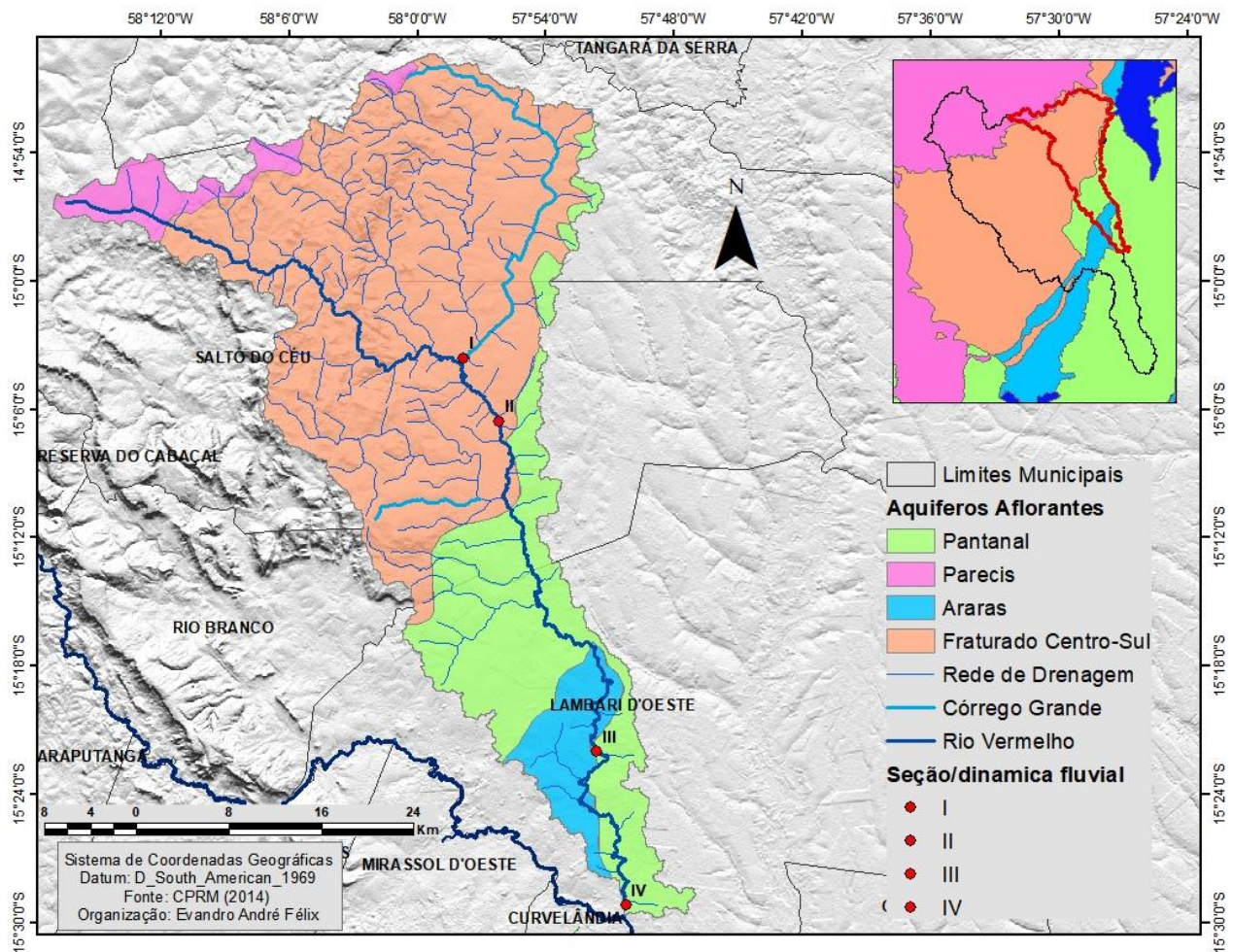
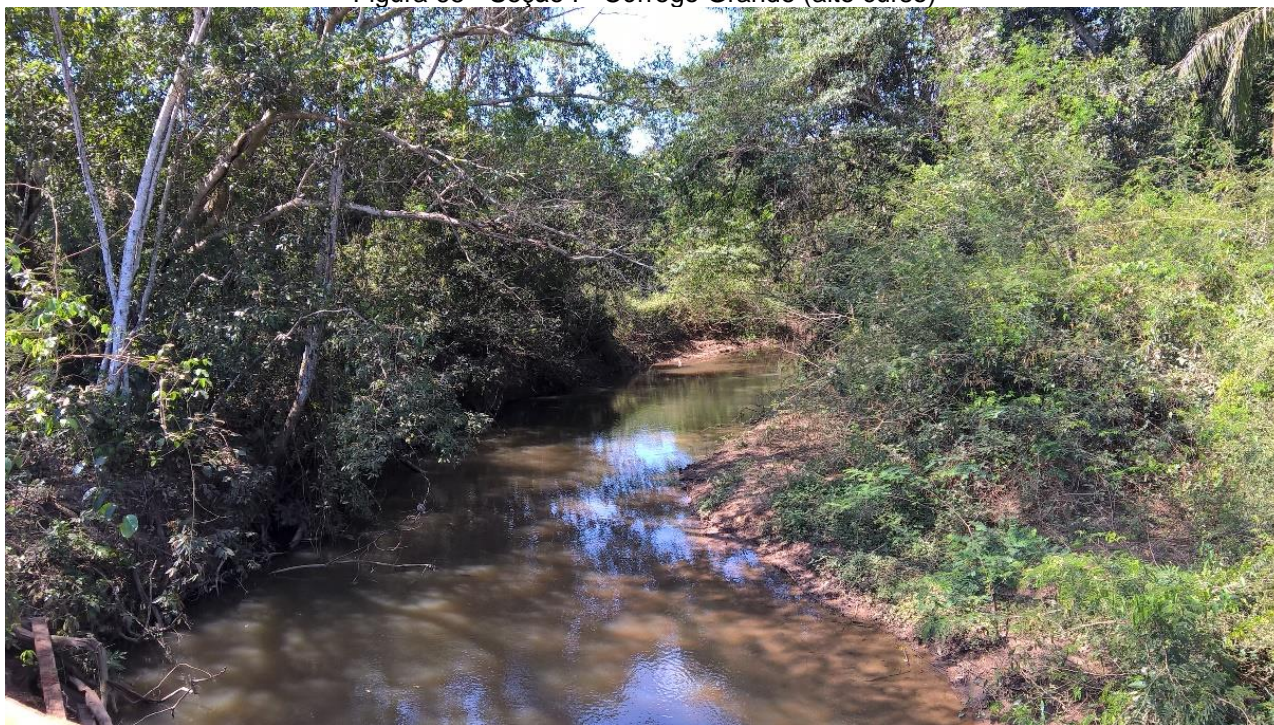


Figura 64-Sub-bacia do rio Vermelho: contexto hidrogeológico e as seções monitoradas

Seção – III Rio Vermelho médio curso

As informações obtidas sobre a seção III mostram a vazão de 70,93 m³/s no período chuvoso e 15,3 m³/s na estiagem, com redução de 79%. As Concentrações de Sólidos Suspensos foram de 190 mg/l¹ no período chuvoso e 100 mg/l¹ na estiagem; já a carga suspensa foi de 1.164,39 ton/dia no período chuvoso e 129,86 ton/dia na estiagem.

Figura 65 - Seção I - Córrego Grande (alto curso)



Evandro André Félix. Agosto/2017

Figura 66 - Seção II Rio Vermelho alto curso



Evandro André Félix. Agosto/2017

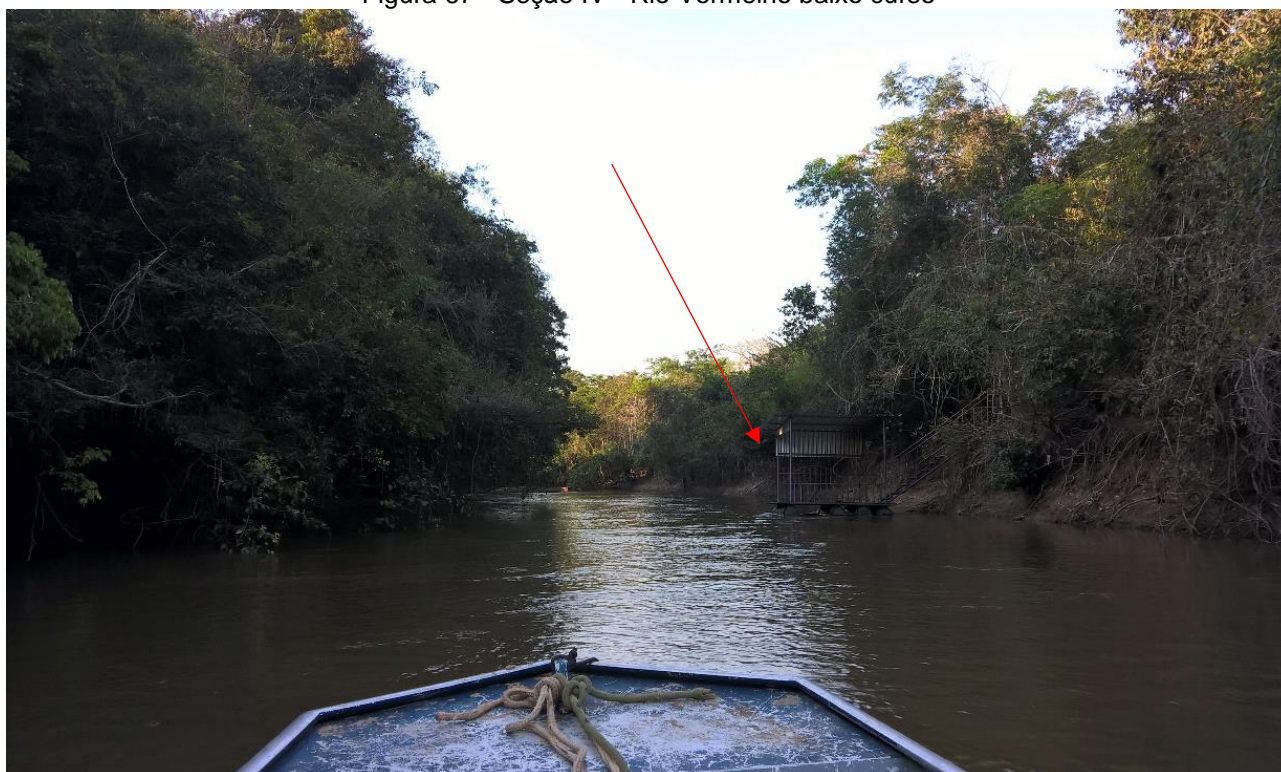
Seção IV – rio Vermelho baixo curso

A seção IV, localizada no baixo curso do rio Vermelho, registrou vazão de 51,74 m³/s no período chuvoso e 13,07 m³/s na estiagem, totalizando redução de 75%. As

Concentrações de Sedimentos Suspensos foi de 180 mg/l¹ no período chuvoso e de 160 mg/l¹ na estiagem, e a carga sólida foi de 804,66 ton/dia no período chuvoso e 180,63 ton/dia na estiagem. Nesta seção, o material de fundo apresentou maior concentração de sedimentos finos no período chuvoso (79,5% areia fina e 17,85% de silte), enquanto que na estiagem predominou areia fina (84,65%).

Nessa seção, as margens são usadas para atividades de lazer e pesca (Figura 67), próximo das margens foram estabelecidos loteamentos. A margem direita dispõe de vegetação de porte arbóreo em todo o trecho observado.

Figura 67 - Seção IV - Rio Vermelho baixo curso



Evandro André Félix. Agosto/2017

Nas áreas de alto curso, onde predomina substrato geológico de baixa porosidade e sistema de aquífero de mesma natureza, foi observada vazão elevada no período chuvoso, com redução na estiagem. O médio e baixo cursos (seção II e IV), sob influência direta do sistema de aquífero Pantanal e Araras (de alta porosidade), apresentam comportamento oposto, registrando, portanto, redução da vazão de montante para jusante no período chuvoso e aumentando no período de estiagem. Sobre o aquífero Pantanal Diniz e Monteiro *et al.* (2015) destaca que o mesmo é constituído por um tipo de multicamadas de sedimentos Terciários e Quaternários não consolidados a pouco consolidados, e, é predominantemente arenoso e possui alta porosidade. Paula (2015 p.

53), destaca que o aquífero Araras membro superior é composto por dolomitos e compõe o sistema de aquíferos cárstico. Dispõe de boas condições para armazenamento e circulação de águas subterrâneas. Com recarga realizada essencialmente pela precipitação pluvial e cursos d'água superficiais nas áreas de afloramento e coberturas de solo sob seus domínios.

De acordo com a distribuição dos sistemas de aquífero e padrão hidrodinâmico apresentado entre as seções II e IV, é possível observar a influência que estes sistemas de sub superfície desempenham sobre a rede de drenagem, caracterizando elemento essencial na análise de planejamento dos recursos hídricos.

4.2.1.5 Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso

A Sub-bacia do rio Cabaçal médio curso está localizada na porção central da bacia hidrografia do rio Cabaçal, sobre relevos planos e suaves. Integra os domínios geológicos constituídos por materiais pouco consolidados compostos de argila, areia e silte e rochas calcárias com intercalações de sedimentos siltico-argilosos e arenosos que compõem os sistemas de aquífero Pantanal e Arraras, onde foram estabelecidas as seções de análise da dinâmica fluvial (Figura 68). Com área predominantemente composta por argissolos e latossolos, o uso da terra é marcado pela pecuária e cultivo de cana de açúcar, soja e milho.

Seção I – Rio Cabaçal (jusante do rio Branco)

Nesta seção, o rio Cabaçal registrou vazão de 181,61 m³/s¹ no período chuvoso e 44,18 m³/s¹ na estiagem, uma redução de 76%. As Concentrações de Sólidos Suspensos foram de 200 mg/l¹ na cheia e 40 mg/l¹ na estiagem, e a carga sólida foi de 3.138,22 ton/dia no período chuvoso e 152, 69 ton/dia na estiagem. Nesta seção, os sedimentos de fundo foram constituídos por percentuais acima de 90% de areia fina em ambos os períodos.

Seção II – Rio Cabaçal a montante da foz do rio Bugres (médio curso)

Nesta seção, a vazão foi de 182 m³/s¹ no período chuvoso e 31,24 na estiagem, com Concentrações de Sedimentos suspensos de 220 mg/l¹, nos dois períodos. A carga sólida foi de 3.461,55 ton/dia e de 593,81 ton/dia na estiagem, ocorrendo também predomínio de areia fina acima de 90%, compondo a carga de fundo, em ambos os

períodos. No trecho que antecede a seção, foram observados processos de erosão fluvial e sedimentação (Figura 69. A, B, C e D), com presença de barras de sedimentos.

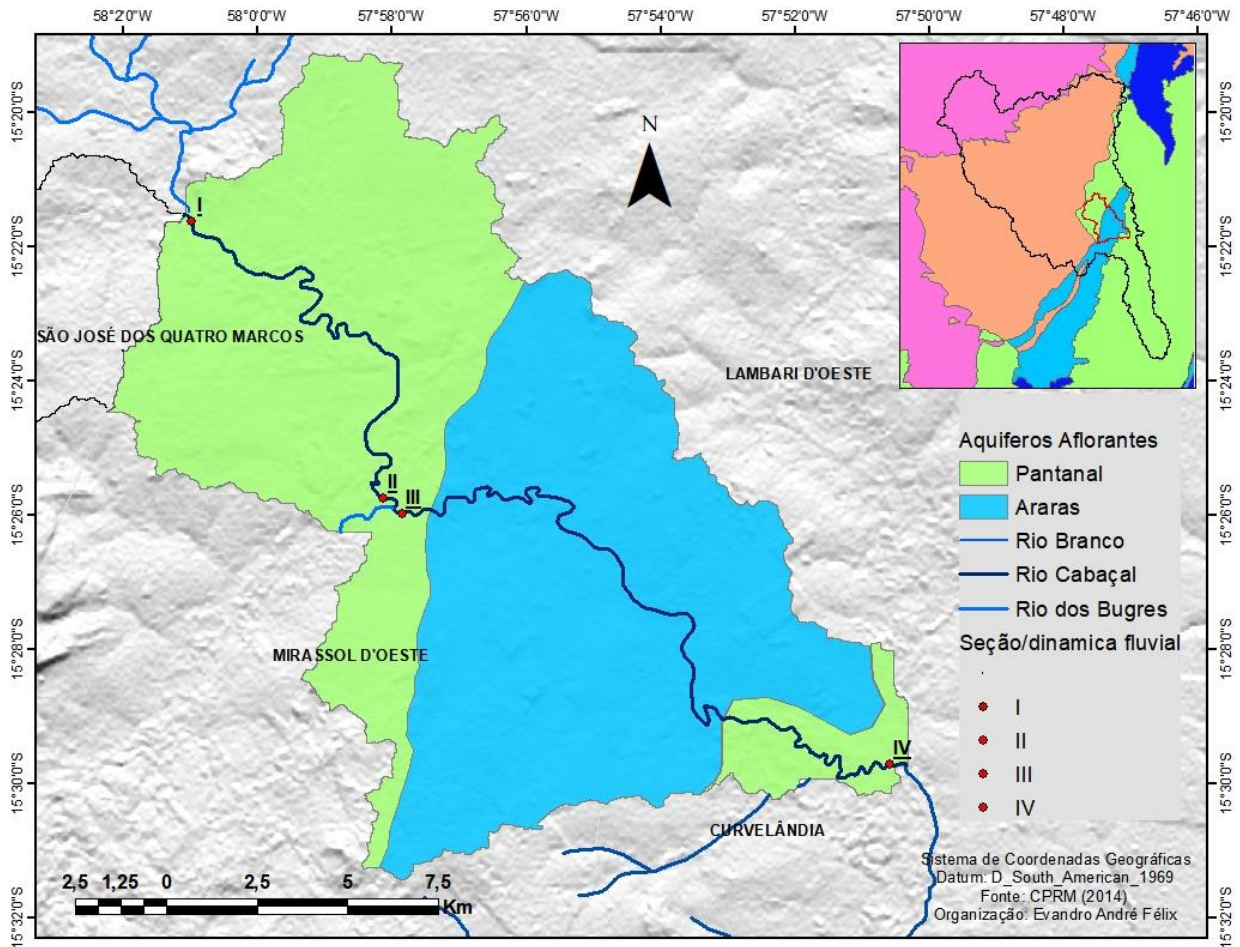


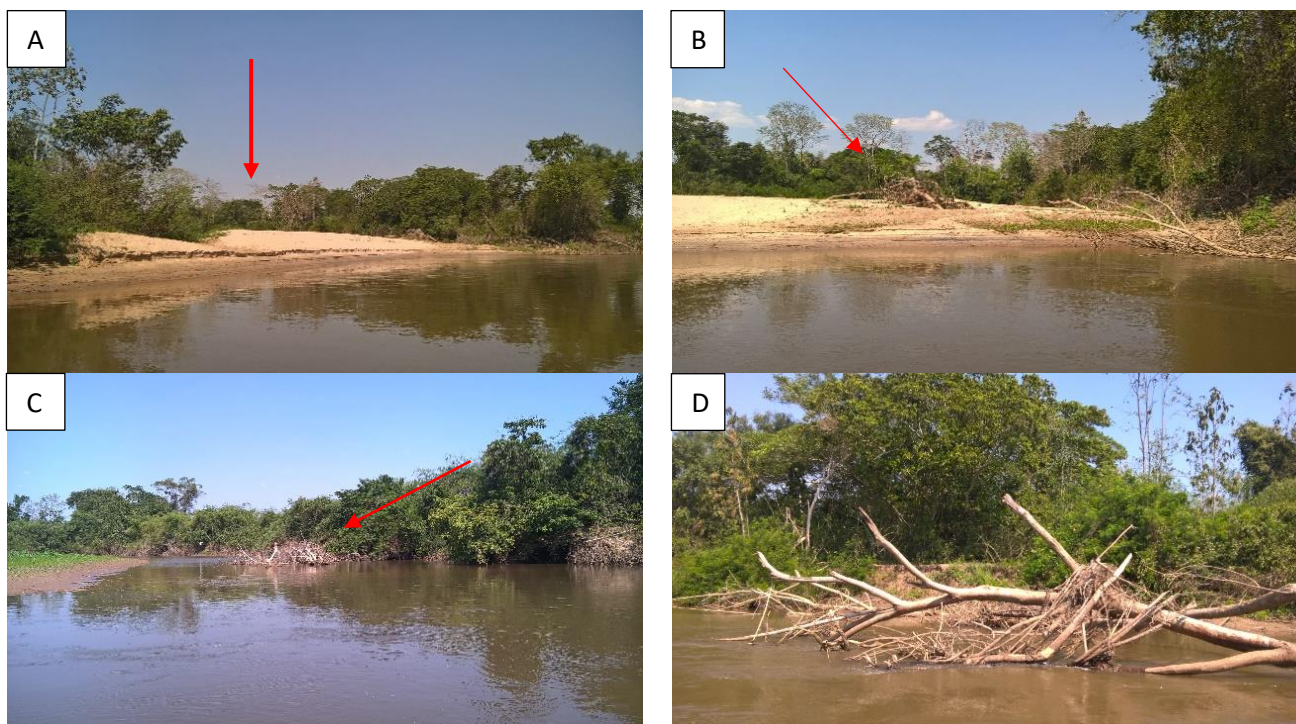
Figura 68-Sub-bacia rio Cabaçal médio curso: contexto hidrogeológico e as seções monitoradas

Seção III - Rio Cabaçal, a jusante do rio Bugres

Na seção III, após a contribuição da sub-bacia do rio Bugres, o rio Cabaçal registrou aumento significativo da vazão, com $238,75 \text{ m}^3/\text{s}^1$ no período chuvoso e $49,71 \text{ m}^3/\text{s}^1$ na estiagem: consolidada redução de 79% no período.

As Cssi foram de 220 mg/l^1 no período das chuvas e de 70 mg/l^1 na estiagem; a carga suspensa foi de $4.533,16 \text{ ton/dia}$ no período chuvoso e de $300,65 \text{ ton/dia}$ na estiagem. No período chuvoso, o material de fundo foi composto por 82,85 % de areia fina, 6,55% de média e 10% de areia grossa, na estiagem predominou areia fina em cerca de 90,25 %.

Figura 69 - Percurso que antecede a seção II



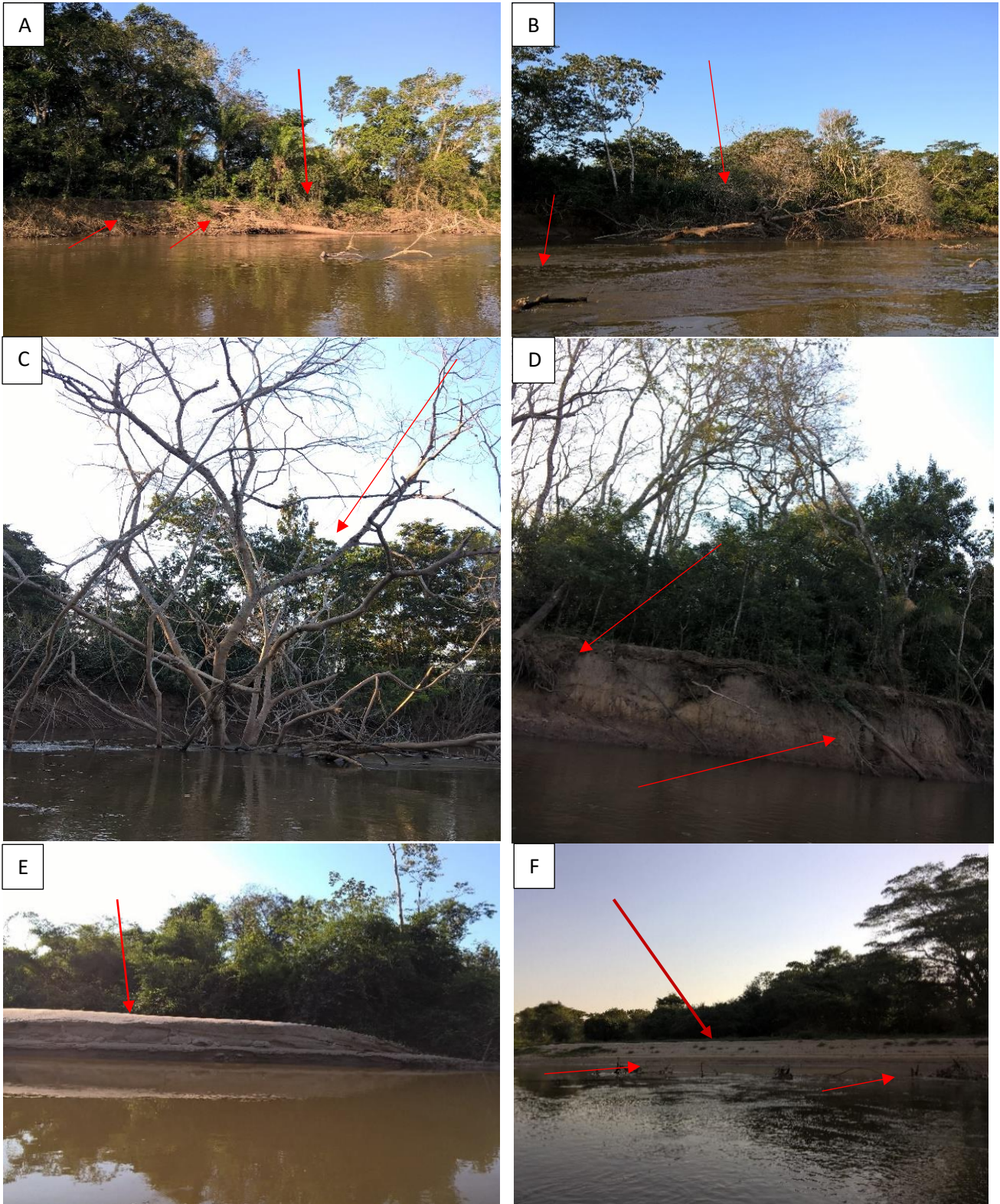
Evandro André Félix. Agosto/2017

Seção IV – Rio Cabaçal baixo curso (a montante da foz do rio Vermelho)

A Seção IV está localizada a jusante da comunidade Vila Cabaçal. Próximo à foz do rio Vermelho, a seção concentra o fluxo do rio Cabaçal, rio Branco e Bugres. Nesta seção, a vazão foi de 141,77 m³/s¹ no período chuvoso e de 28,41% na estiagem, uma redução de 80% entre as estações de cheia e estiagem. As Cssi foram de 210 mg/l¹ na cheia e de 220 mg/l¹ na estiagem; a carga sólida foi de 2.572 ton/dia no período chuvoso e 540,02 ton/dia na estiagem. Nos dois períodos predominou areia fina (92,2% chuvoso e 85,85 % estiagem). Conforme disposição dos sistemas de aquífero, a vazão apresentou variação, sendo crescente e estável para ambos os períodos entre as seções I e II situadas sob aquífero Pantanal e decrescente para ambos períodos entre as seções III e IV percurso sob influência do aquífero Araras, está redução de vazão persiste mesmo após a contribuição da vazão do rio Bugres.

Neste trecho, a erosão das margens e a formação de depósitos sedimentares foi mais intensa. Na Figura 70 (c) é possível observar a erosão da margem côncava por solapamentos com raízes expostas e queda de árvores 70 (D). Os destaques da Figura 70 (E e F) são as barras laterais.

Figura 70 - Trecho entre a estação da ANA e a Seção IV



Evandro André Félix. Agosto/2017

4.2.1.6 Sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso

A sub-bacia do rio Cabaçal baixo curso, com 646,82 km², apresenta canal principal de padrão sinuoso. Sua dinâmica foi analisada em três seções (Figura 71). Drenando área geologicamente constituída por depósitos sedimentares recentes, a sub-bacia dispõe ainda de sistema de aquífero aflorante composto de 93% do aquífero Pantanal (Figura 70), com alta capacidade de retenção de água em virtude da porosidade elevada.

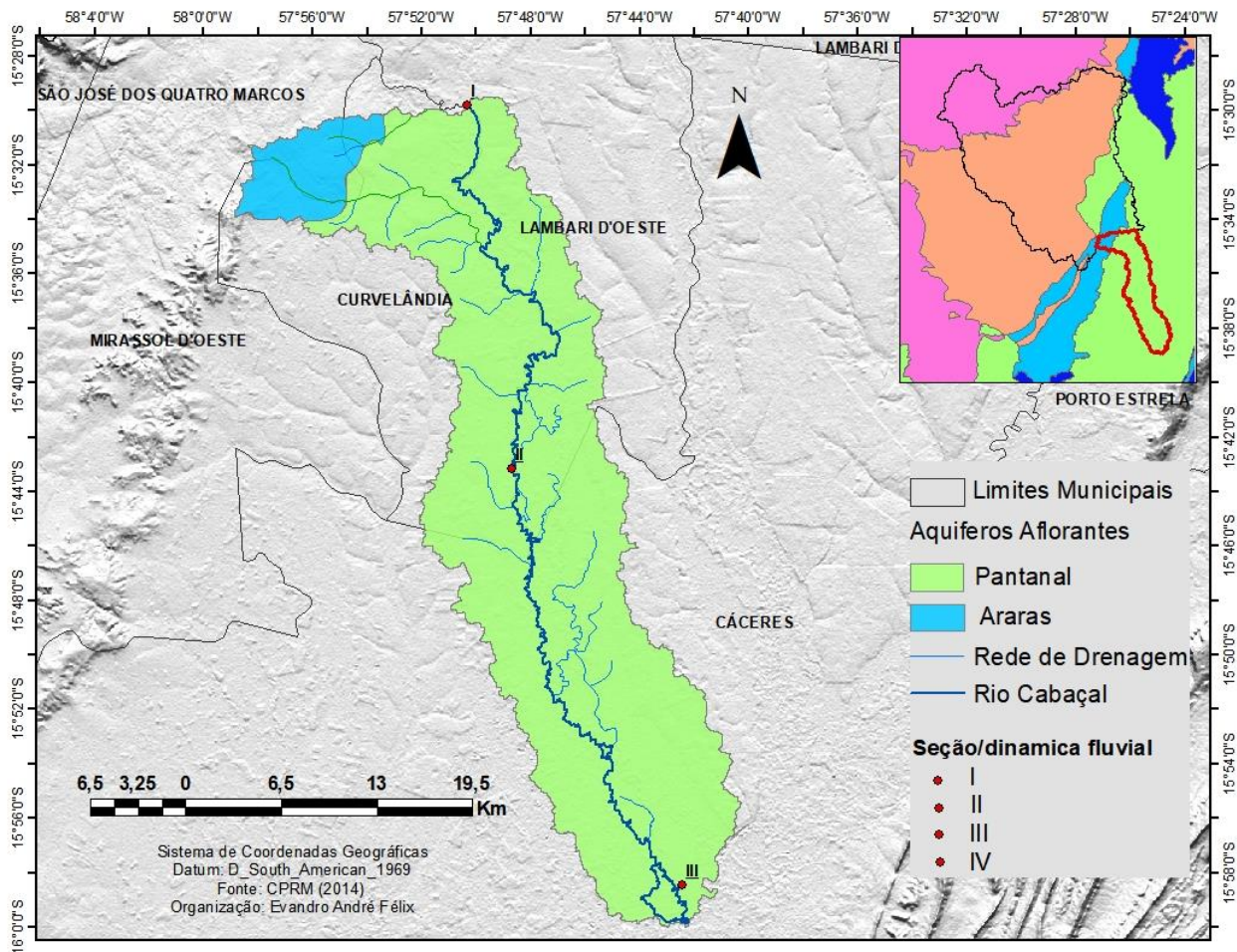


Figura 71 - Sub-bacia rio Cabaçal baixo curso: contexto hidrogeológico e seções monitoradas

Seção I – Rio Cabaçal alto curso

A seção I registrou vazão de 189,44 m³/s¹ no período chuvoso e 40,74 m³/s¹ na estiagem, totalizando redução de vazão de 78% entre os períodos de cheia e seca. A Cssi foi de 280 mg/l¹ na cheia e de 180 mg/l¹; a carga sólida foi de 4.582,93 ton/dia no período chuvoso e 457,59 na estiagem. Predominou areia fina nos dois períodos, sendo 93,1 % no período chuvoso e 88,7 % na estiagem.

Seção II – Rio Cabaçal médio curso

A seção II registrou vazão de 92,63 m³/s no período chuvoso e 30,36 na estiagem, com redução de 67% entre os períodos. No período chuvoso a Cssi foi de 210 mg/l¹ e 130 mg/l¹ na estiagem. A carga sólida foi de 1.680,68 ton/dia no período das chuvas e 341 ton/dia na estiagem. No período chuvoso a carga de fundo foi constituída por areia fina e média (81,51% de areia fina, 15,65 de média). Na estiagem, a concentração de areia fina ultrapassou 96%.

Seção III – Rio Cabaçal baixo curso (foz com rio Paraguai)

Localizada na zona de confluência com o rio Paraguai, a seção III registrou vazão de 91,09 m³/s¹ no período chuvoso e de 45,51 na estiagem, totalizando uma redução de 50% na vazão. Por sua vez, apresentou Cssi de 200 mg/l¹ no período chuvoso e 120 mg/l¹ na estiagem. A carga suspensa foi de 1.574,04 ton/dia no período chuvoso e 471,85 ton/dia na estiagem. Entre os sedimentos de fundo, predominou areia fina. O trecho registra processo de erosão e sedimentação (Figuras 72.A, B, C e D), com presença de barras laterais.

Figura 72 - Seção III - Rio Cabaçal baixo curso (foz com rio Paraguai)



Evandro André Félix. Agosto/2017

4.2.2 Regime hidrológico da bacia hidrográfica do rio Cabaçal

Como já destacado, historicamente o processo de ocupação e uso da terra nos domínios da bacia hidrográfica se deu sobre uma paisagem caracterizada por ampla diversidade de subunidades do clima, amplitude topográfica, substrato geológico e classes pedológicas diversas. A associação dos processos naturais integrados aos processos socioeconômicos dados ao longo de décadas de uso vem apresentando impacto no balanço hidrológico e nos processos hidrodinâmicos da bacia hidrográfica como um todo.

A série histórica registrada pela estação de monitoramento da Agência Nacional das Águas revela que, ao longo das últimas quatro décadas, a vazão tem apresentado variações significativas. Os dados apresentados na Figura 73 evidenciam que, após 1970, a vazão inicia uma série alternada de elevação e redução, com manutenção constante e sucessiva de pequenos percentuais de elevação da vazão ocorrida de forma gradativa.

Os dados chamam a atenção por representar o período em que se consolida o uso da terra que, em função da atividade econômica, retira a cobertura vegetal. Neste cenário, a retirada da cobertura vegetal acaba por influenciar no aumento médio da vazão anual. Lima (2008, p. 8) destaca que Hoyt & Troxell (1932) concluíram em estudos experimentais que o corte raso da floresta resulta em um aumento do deflúvio médio anual das microbacias, ou seja, a retirada da vegetação resultou em aumento da “produção” de água no perímetro da bacia. Nesta mesma perspectiva, Parolin e Stevaux constataram que a retirada da vegetação de cerrado na região do Taquarussu (MS) para a inserção de fazendas fez com que o nível das lagoas, pântanos e brejos se elevasse em mais de dois metros (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017, p. 39).

Segundo Stevaux e Latrubesse (2017), o aumento da vazão está relacionado aos fatores de interceptação e evaporação exercidos potencialmente pelas florestas. A interceptação corresponde aos efeitos de retenção de parte das águas da chuva pelas folhas, galhos e troncos das árvores, que chegam a reter entre 10 e 30 % da água precipitada. A evaporação (evapotranspiração) por sua vez corresponde ao processo derivado da catalisação da radiação solar pelas plantas, pelo solo e pelos organismos vivos que transformam água em estado líquido em vapor de água na atmosfera. A retirada da vegetação reduz a contribuição destes fatores no processo de retenção e redistribuição da água no balanço hidrológico, aumentando a vazão.

Figura 73 - Série histórica de vazão (m³/s)

Elaborado pelo autor

A hipótese de manutenção e acréscimo de vazão, precedida da retirada da cobertura vegetal, é reforçada quando analisamos as duas primeiras décadas da série histórica (1970 a 1988) (Figura 74). As observações apontam para um ligeiro aumento da vazão no período analisado, cabendo destacar que é neste período em que se dá a consolidação da retirada da cobertura vegetal, decorrente do processo histórico de uso da terra desenvolvido pelas políticas de colonização da região.

Figura 74 - Vazão média do período de 1970 a 1988

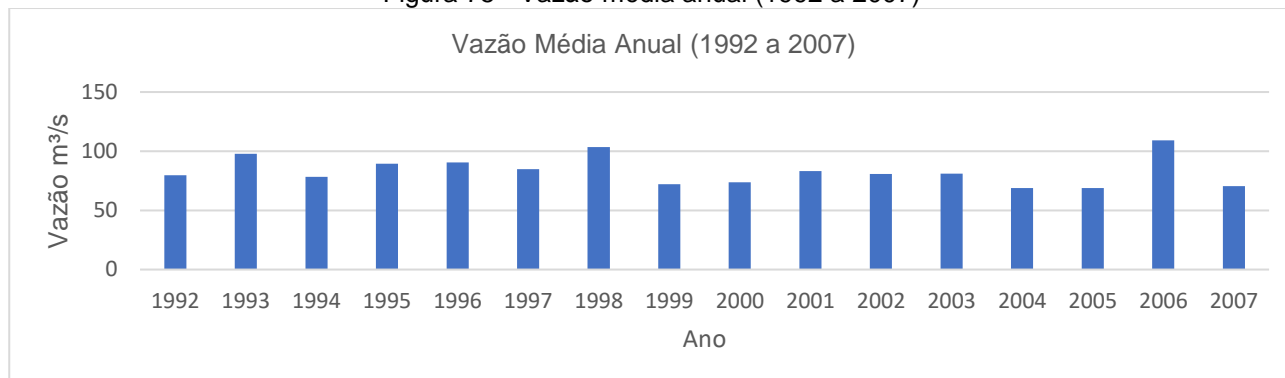


Elaborado pelo autor

Contudo, convém realçar que, após as duas primeiras décadas da série apresentarem manutenção e elevação da vazão, as décadas seguintes da série (1992 a 2007) (Figura 75) apresentam tendência a redução da vazão. Este fato pode estar relacionado à redução da precipitação, constatada nas últimas décadas (Figura 76), ou ainda pode ser indício de que o processo de uso da terra, marcado pela atividade pecuária possa ter alterado a dinâmica de recarga do lençol freático, indicando que as águas de aquífero estejam atingindo o nível de base. Nesta perspectiva, Bacellar (2005, p. 25), destaca que em bacias de cabeceira, com relevo íngreme, a floresta auxilia na manutenção da camada superficial do solo, responsável pela manutenção do fluxo de base por mais tempo. Neste sentido, o desmatamento pode provocar erosão e movimentos de massa, resultando, em longo prazo, na redução do fluxo de base e,

consequentemente, nas taxas de recarga dos aquíferos e no lençol freático, impactando o ritmo da vazões médias anuais de forma negativa.

Figura 75 - Vazão média anual (1992 a 2007)

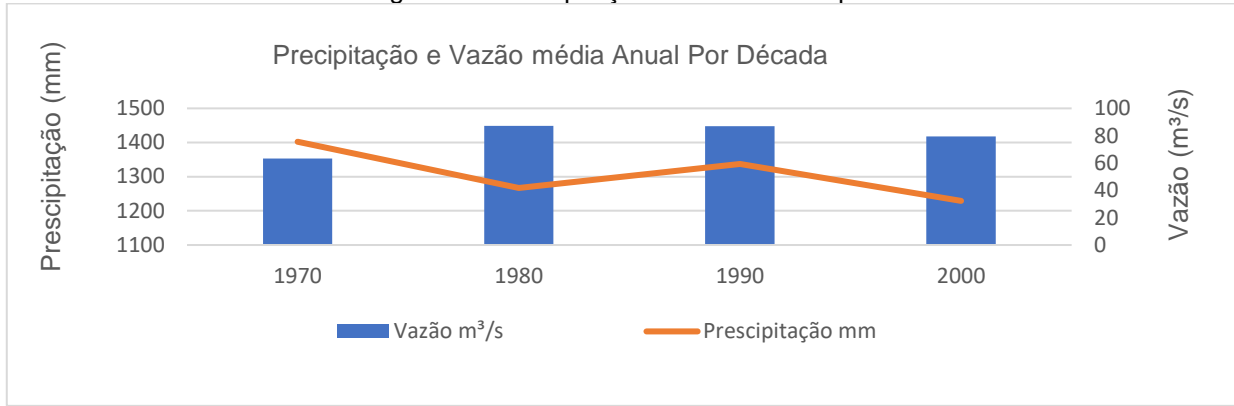


Elaborado pelo autor

Quando comparadas, as médias de vazão e precipitação (Figura 76) por década confirmam as constatações da série histórica, apontando para um aumento da vazão nas décadas de 80 e 90, com indícios de redução nos anos 2000. Quando analisada a correlação entre precipitação e vazão, podemos aferir que a década de 1970 apresentou precipitação de 1.402,03 mm e vazão de 63,25 m³/s. A década de 1980 registrou queda na precipitação (1.266,6 mm) e um aumento da vazão (87,18 mm). Na década de 1990, a proporção de vazão (87,04 m³/s) se manteve estável, mesmo registrando aumento da precipitação (1.337,4mm). Nos anos 2000 os registros apontaram para uma redução, tanto de vazão (79,46m³/s) quanto de precipitação (1.229,1mm), tendo a precipitação apresentado queda mais acentuada. Desta forma, os dados apontam para uma relação direta entre a supressão de 70% da cobertura vegetal natural, a redução da precipitação e o aumento da vazão. As médias de precipitação dos anos 80, 90 e 2000 não superaram a média de referência de 1970. De forma oposta, todas as médias de vazão registradas após 1970 ficaram acima de 63,35 m³/s. sobre os efeitos do desflorestamento e a precipitação, Bacellar (2005, p. 9) destaca que simulações matemáticas e registros de campo apontam para esta possibilidade, caso o desflorestamento se estenda por vastas áreas de cobertura vegetal de porte arbóreo. Tucci e Clarke (1997 p 142) destacam que as florestas absorvem maior quantidade de radiação de onda curta e a reflete menos, levando ao processo de evapotranspiração, assim o desflorestamento provoca maior flutuação da temperatura e déficit de tensão de vapor, reduzindo os percentuais de umidade da atmosfera.

Os dados da série histórica, analisados por período climático (chuvoso e estiagem), reafirmam que a evolução e o comportamento hidrodinâmico da bacia têm sofrido alterações ao longo das últimas quatro décadas analisadas. O período chuvoso analisado por série histórica e média por décadas (Figura 77 e 78) apresenta flutuação média anual.

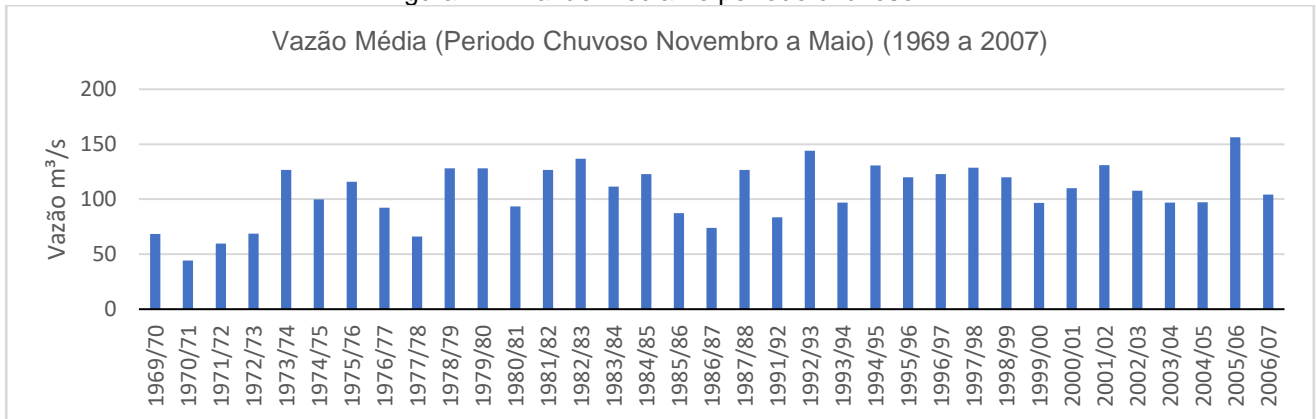
Figura 76 - Precipitação e vazão média por década



Elaborado pelo autor

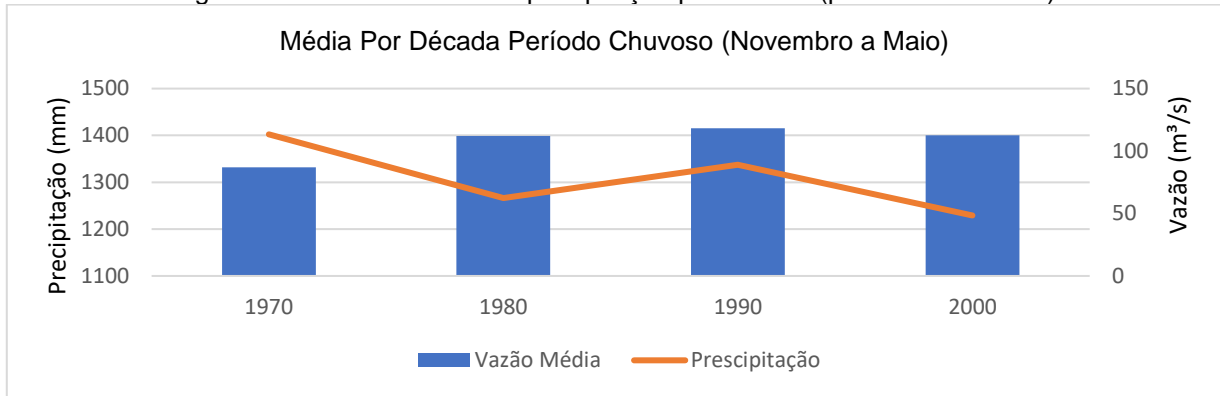
No período entre as décadas de 1970 e 1980, a vazão média apresentou elevação, mesmo com redução da precipitação, fato que indica que a retirada da vegetação neste período possa ter incrementado as taxas de escoamento anual. Nas décadas de 1980, 1990 e 2000, as vazões médias do período apresentaram uma correlação com os índices de precipitação, sendo observada elevação de precipitação (1.266,6/1.337,4mm) e vazão (111,96/118,34 m³/s) entre os anos 80 e 90. Entre 1990 a 2000, registra-se queda tanto nos índices de precipitação (1.337,4/1.229,1 mm), quanto de vazão (118,4/112,53 m³/s). Cabe ainda destacar que, mesmo apresentando uma pequena redução de precipitação e vazão, nas décadas de 1990 e 200 a vazão média ainda foi 20% superior à década de 1970, mesmo com precipitação 3 % inferior.

Figura 77 - Vazão média no período chuvoso



Elaborado pelo autor.

Figura 78 - Média de vazão e precipitação por década (período de chuvas)

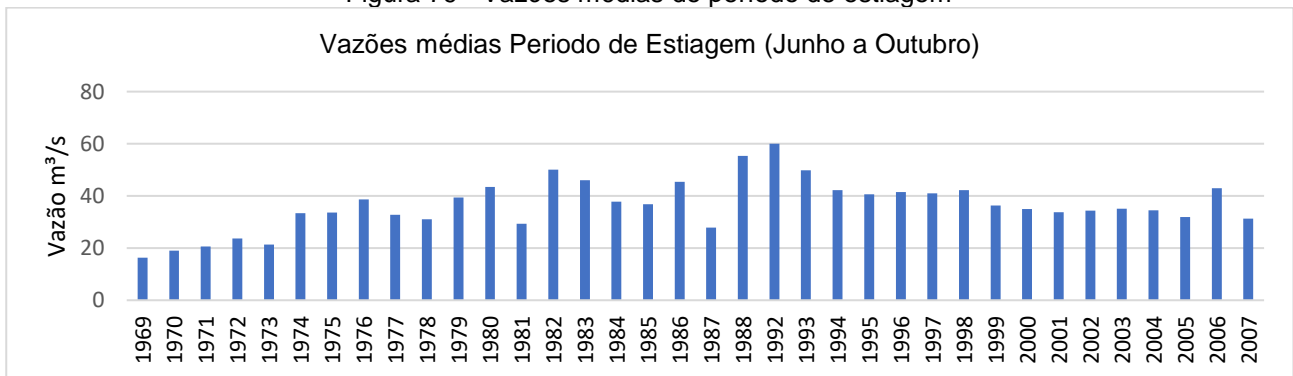


Elaborado pelo autor.

A análise do período de estiagem (Figuras 79 e 80) apresenta padrão semelhante ao período chuvoso, com elevação da vazão ao longo das décadas, sendo observada a relação entre precipitação x vazão a partir da década de 80. A diferença entre precipitação e vazão na década de 70 pode estar relacionada à maior cobertura vegetal do período que, por meio dos processos de interceptação e evapotranspiração, contribuem com taxas inferiores de vazão, uma vez que a umidade do solo e percentuais de chuva são catalisados pela vegetação e incorporados à atmosfera.

É importante ressaltar também que, em relação à década de 70, a vazão média da última década analisada foi 19 % superior, mesmo apresentando precipitação anual menor que o ano inicial. Este fato reforça que mesmo no período de estiagem, quando se reduz a contribuição do escoamento superficial dado pela chuva, houve aumento médio da vazão.

Figura 79 - Vazões médias do período de estiagem

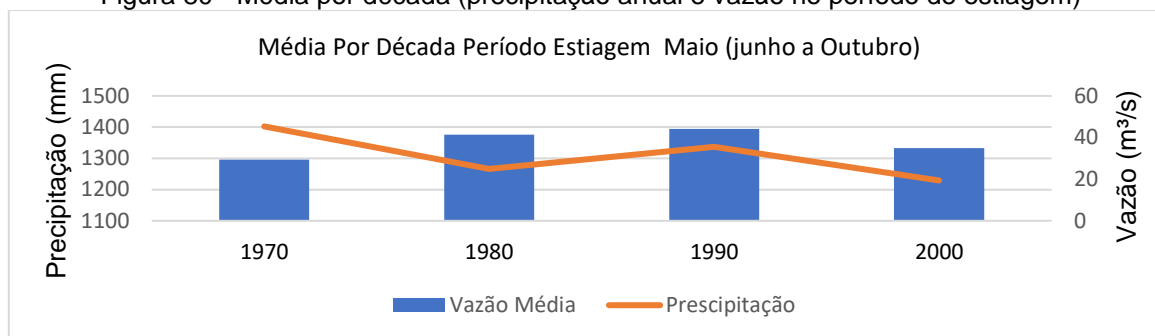


Elaborado pelo autor.

Mesmo representando pouco mais que 50% da área drenada pela bacia hidrográfica, os dados da estação evidenciam que o histórico de uso da terra, marcado pela substituição da cobertura vegetal por culturas predominantemente permanentes

desde o processo de ocupação, tem repercutido no equilíbrio pluviométrico e hidrodinâmico da bacia.

Figura 80 - Média por década (precipitação anual e vazão no período de estiagem)



Elaborado pelo autor.

O aumento da vazão pode implicar em sobrecarga da rede de drenagem, desencadeando alterações significativas nos canais por meio da aceleração dos processos evolutivos das feições morfológicas da bacia. Diretamente associado ao uso da terra e às condições ambientais preexistentes, o aumento de escoamento pode ainda impactar no balanço natural das cargas de sedimento, contribuindo com a degradação de canais, podendo pôr em desequilíbrio todo o conjunto de uma unidade, por alterar os fluxos de energia e matéria.

4.3 Unidades da paisagem, uma síntese dos elementos ambientais da bacia hidrográfica do rio Cabaçal como subsídio ao planejamento dos recursos hídricos

Os elementos ambientais contribuíram para a definição de três unidades da paisagem na bacia hidrográfica do rio Cabaçal (Figura 81): Unidade I – Paisagem das terras altas (planaltos e rebordos erosivos), Unidade II – Paisagem das terras médias (morros e colinas suavizadas e áreas aplainadas) e Unidade III – Paisagem das terras baixas (superfícies aplainadas, terraços aluviais e planície flúvio lacustre).

Na unidade I predominam áreas de planalto e degraus estruturais e rebordo erosivo (da chapada dos Parecis); a altitude varia de 200 e 800 metros. O clima predominante é III C3 (mesotérmico quente e úmido da fachada meridional dos planaltos e rebordo da chapada dos Parecis). O relevo da Unidade II é composto por várias feições, colinas amplas e suaves, colinas dissecadas, superfície aplainada e terraços aluvionares. A altitude varia de 500 a 100 m, com predomínio do clima III D2b (mesotérmico úmido dos baixos planaltos e depressões do baixo lanalto Jauru-rio Branco).

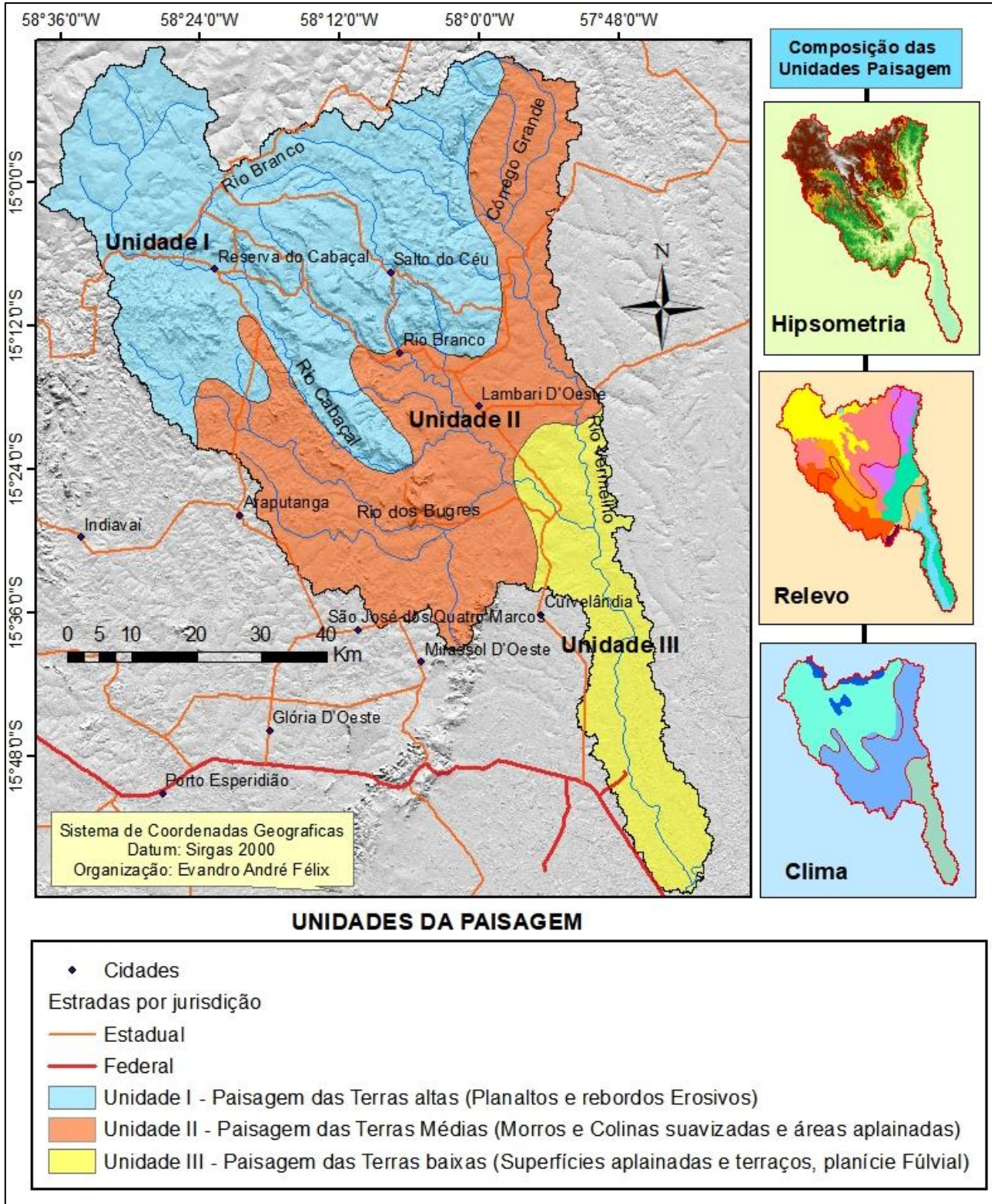


Figura 81 – Bacia hidrográfica do rio Cabaçal: composição e unidades da paisagem
 As formas de relevo da Unidade III são compostas por superfícies aplainadas conservadas, terraços fluviais e planícies fluviais ou flúvio-lacustres, com altitude entre 91

a 100 m, com ocorrência do clima III E1 (mesotérmico sub-úmido das depressões e pantanais (depressão do alto Paraguai).

Essas unidades de paisagem passaram por transformações decorrentes do processo histórico de ocupação via colonização. No início do século XX, as unidades da paisagem expressam as consequências de décadas de exploração e consolidação da atividade econômica predominante por meio da configuração e da distribuição das atividades econômicas e domicílios rurais que efetivam a exploração biológica.

O elemento preponderante para a preservação da vegetação nas unidades de paisagem foi o relevo. Na unidade I, as características do relevo contribuíram para a preservação da floresta estacional decidual submontanha e floresta semidecidual submontanha no planalto e degraus estruturais na chapada dos Parecis, também contribuindo para a preservação de savana florestada e savana florestada com floresta estacional nas áreas elevadas da serra do Roncador-Salto do Céu. Na unidade III, no baixo curso da bacia do rio Cabaçal, os terrenos sujeitos a inundação contribuíram para a preservação da floresta estacional semidecidual aluvial.

A Tabela 48 e a Figura 81 apresentam os dados sobre os tipos e uso da terra e cobertura natural, apontando para a predominância da atividade pecuária (65,06%) na bacia. Mostram as mudanças no uso da terra no período de 2002 a 2014. A supressão da cobertura vegetal variou de 1 a 23%, com crescimento de 58,60% da agricultura, contribuindo com a retirada da cobertura vegetal remanescente suprimida a apenas 29,93% no ano de 2014.

Tabela 48- Bacia hidrográfica do rio Cabaçal: uso, cobertura e variação de 2002 a 2014

Tipo de uso e cobertura	Período				Variação de área no período	
	2002		2014		Km ²	%
	Área/Km ²	%	Área/Km ²	%		
Alteração antrópica	53,59	0,95	66,19	1,17	+12,60	-
Agricultura	104,87	1,85	166,31	2,94	+61,45	+58,60
Água	0,27	0,00	0,27	0,00	00	-
Pastagem	3.594,77	63,47	3.684,99	65,06	+90,22	+2,51
Floresta sst. decidual submontanha	114,99	2,03	109,22	1,93	-5,77	-5,02
Floresta est. semidecidual aluvial	308,90	5,45	302,06	5,33	-6,84	-2,21
Floresta semidecidual submontana	133,34	2,35	131,96	2,33	-1,38	-1,04
Influência urbana	3,88	0,07	3,88	0,07	00	-
Reflorestamento	3,57	0,06	47,36	0,84	+43,79	+1.226,45
Savana arborizada	26,75	0,47	20,46	0,36	-6,29	-23,52
Savana arborizada/savana florestada	131,67	2,32	124,78	2,20	-6,89	-5,23
Savana arborizada com floresta galeria	71,41	1,26	69,92	1,23	-1,49	-2,08

Pequena propriedade (80 a 320 ha)	603,00	13,04	90.765,68	15,77
Média propriedade (320 a 1200 ha)	324,00	7,01	178.947,86	31,09
Grande propriedade (>1200 ha)	93,00	2,01	243.640,25	42,33
Total	4.623,00	100,00	575.509,59	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Imaflora (2017)

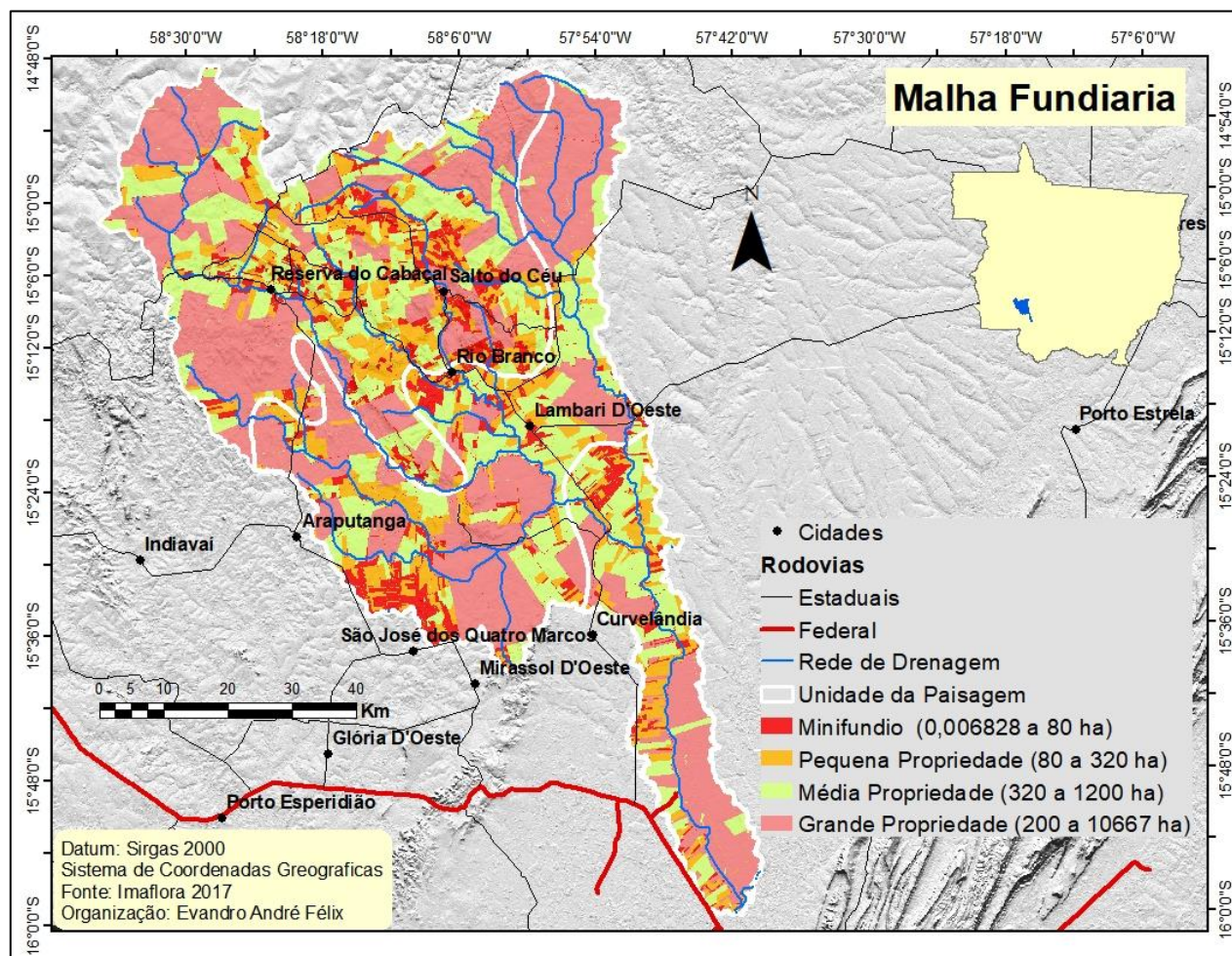


Figura 83 - Bacia hidrográfica do rio Cabaçal: distribuição das propriedades por classe

4.3.1 Unidade I – Paisagem das terras altas (planaltos e rebordos erosivos)

A unidade I compreende 40,87 % da área da bacia, constituída pelo relevo planalto dos Parecis (degraus estruturais e rebordos erosivos) e serras do Roncador e Salto do Céu, caracterizadas como região de nascente das sub-bacia do rio Cabaçal (Dracena, Guanaba, Branco, Bugres e Vermelho).

A ocupação e uso destas áreas passou por sucessivos períodos. A primeira fase remonta à ocupação pelos povos indígenas. A expedição Langsdorff (1826-1829) constatou que a região era habitada pelos índios Bororos Cabaçais (PEREIRA, 2008). Estes povos reconheciam empiricamente a fragilidade da paisagem e desenvolviam uma

agricultura que considerava as limitações do solo e praticavam a agricultura mediante técnicas de "corte e queima", numa área média de ½ hectare, que era usada por três anos consecutivos e deixada em repouso por mais de seis anos (SERPA, 2001).

O período dado entre o final do século XIX e início do século XX marca a segunda fase de ocupação da região, com vista à extração da poaia (*Psychotria ipecacuanha*). Este período é marcado pela devastação das "matas de poaia" na região situada nas bordas da chapada dos Parecis (rebordo erosivo), na faixa leste/oeste, entre os rios Sepotuba, Cabaçal e Jauru, nos domínios do então município de Cáceres (FIGUEIREDO, RIBEIRO e TOCANTINS, 2009). Este processo contribuiu para a ocupação definitiva da região. Após um declínio de aproximadamente 30 anos, a região voltou a receber imigrantes dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, uma vez que as condições topográficas se assemelhavam a sua terra natal. Fixaram-se próximo aos vales dos rios Sepotuba, Branco, Cabaçal e Jauru, fazendo surgir núcleos agrícolas, povoados e cidades (SZUBRIS, 2014).

Consolidando esta fase, em 1963, deu-se início à distribuição de terras na colonização Rio Branco, nas proximidades dos vilarejos de Panorama e Lambari. Inicialmente, o ciclo econômico se deu em torno das culturas de subsistência e do café; posteriormente foram incorporados outros cultivos aos ciclos do algodão, com destaque para a produção de milho, arroz, feijão, banana, mandioca e pecuária (MIRANDOLA-AVELINO, 2006).

Por último, podemos estabelecer que a mudança do padrão agrícola (dado entre a década de 1990) para o modelo agropecuário se consolida como a terceira fase do uso da terra. Nesta fase, a pecuária leiteira e de corte se consolida como a atividade econômica predominante, elevando a pressão sobre os recursos naturais e contribuindo para a transformação da paisagem.

De aspecto ambiental marcado pela diversidade de ambientes, a unidade da paisagem é composta por doze unidades geológicas distintas agrupadas em classes de rochas sedimentares (metamórficas) e ígneas (metamórficas). As áreas de maior altitude são compostas pelas formações Utariti (solo predominantemente arenoso), Fortuna (metamórfica, solo predominantemente arenoso), Vale da Promissão (metamórfica, solo predominantemente argilo-siltoso) e morro Cristalino (arenito fino, predominantemente arenoso) compõem o substrato superior do sistema da paisagem. Originadas no período

mesozoico (135 milhões de anos) e mesoproterozoico (1.000 Milhão de anos) representam complexos antigos e recentes de textura arenosiltosa com baixo teor de argila e alta porosidade (>30%). As formações alto Guaporé (ígnea, metamórfica), suíte intrusiva Santa Cruz (ígnea), suíte intrusiva Alvorada (ígnea,) grupo alto Jauru (ígnea, metamórfica) a oeste e a suíte intrusiva rio Branco a leste compõem o substrato inferior. De natureza ígnea com baixa porosidade primária (0 a 15%), remontam aos períodos paleoproterozoico e mesoproterozoico (entre 1400 a 3200 milhões de anos), caracterizadas como as unidades geológicas mais antigas do domínio. Geologicamente é possível constatar que a unidade da paisagem representa área de conflito litoestatigráfico dado pelo contato entre as formações geológicas de períodos e características físicoquímicas distintas.

O clima predominante na unidade é do tipo mesotérmico dos topos de cimeira dos chapadões e quente e úmido da fachada meridional dos planaltos. Nestas unidades climáticas, a pluviosidade oscila entre 1700 a 2100 mm anuais, distribuídos entre o período seco de junho a outubro e período chuvoso de outubro a abril. O período seco varia de quatro a cinco meses, com balanço hídrico² apresentando deficiência de 150 a 250 mm por estação seca; por outro lado, o excesso gira em torno 800 a 1000 mm na estação chuvosa, apresentando alto contraste entre o período de estiagem e intensidade acentuada de precipitação no período chuvoso. As temperaturas médias anuais variam de 22 a 24 graus com máximas registradas entre os meses de novembro e janeiro e as mínimas entre junho e agosto.

Os solos são compostos por oito classes. Nas áreas de planalto, com predomínio de arenitos e meta-arenitos (formação Utiariti e Fortuna) e altitude elevada, prevalece a classe de neossolos quartzarênicos órticos. Na zona de declive caracterizada pela transição entre planalto e planície (degraus estruturais e rebordo erosivo), com altitudes médias e alta e declive acentuado associado e substrato geológico composto por rochas ígneas intrusivas com sequências metamórficas (alto Guaporé, Santa Cruz, Alvorada, alto Jauru, rio Branco) predominam seis classes pedológicas: os argissolos vermelho-

² O balanço hídrico refere-se ao cômputo das entradas e saídas de água de um sistema. Várias escalas espaciais podem ser consideradas para se contabilizar o balanço hídrico. Na escala macro, o “balanço hídrico” é o próprio “ciclo hidrológico”, cujo resultado nos fornecerá a água disponível no sistema (solo, rios, lagos, vegetação úmida e oceanos), ou seja, na biosfera (SENTELHAS e ANGELOCCI, 2012).

amarelos distróficos, neossolos litólicos distróficos, nitossolos vermelho eutrófico e distrófico e os cambissolos háplicos Tb eutróficos.

Restando pouco mais de 30% da área da bacia no ano de 2014, a vegetação remanescente (Tabela 50) se subdivide em savana florestada nas áreas de planalto sobre domínio dos neossolos quartzarênicos (Figura 84 A), savana arborizada com floresta galeria (B) e floresta estacional semidecidual submontanha nas áreas de rebordos erosivos na transição entre planalto e planície (C) (INSTITUTO SOS PANTANAL, WWF-BRASIL, 2015).

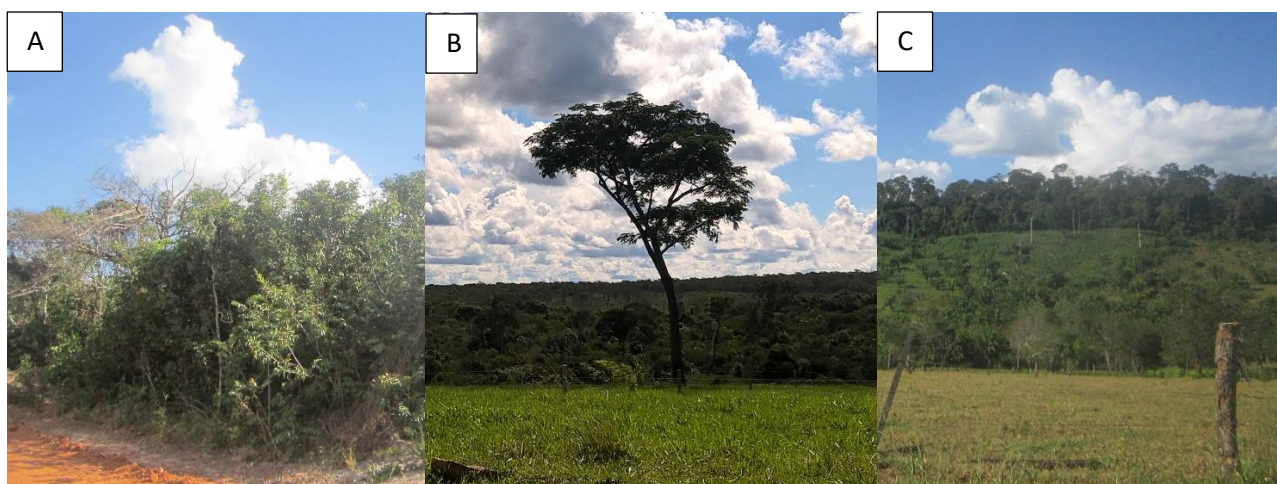
O item Alterações antrópicas apresentou crescimento expressivo no período, e indica retirada da cobertura vegetal, para incorporação de atividades econômicas, como florestamento de eucalipto e ampliação da pecuária, que ocupa 61,25% da paisagem (Figura 85 A e B).

Tabela 50 - Unidade da paisagem I: percentual e evolução do uso e cobertura 2002 a 2014

Tipo de uso e cobertura	Período				Variação	
	2002		2014			
	Área/Km ²	%	Área/Km ²	%	Km ²	%
Alteração antrópica	10,26	0,38	25,26	0,93	+15,00	+146,26
Pastagem	1.595,43	59,02	1.656,11	61,26	+60,68	+3,80
Influência urbana	1,68	0,06	1,68	0,06	-0,00	-0,01
Reflorestamento	-	-	7,01	0,26	+7,01	-
Vegetação remanescente	1.095,97	40,54	1.013,28	37,48	-82,69	-7,54

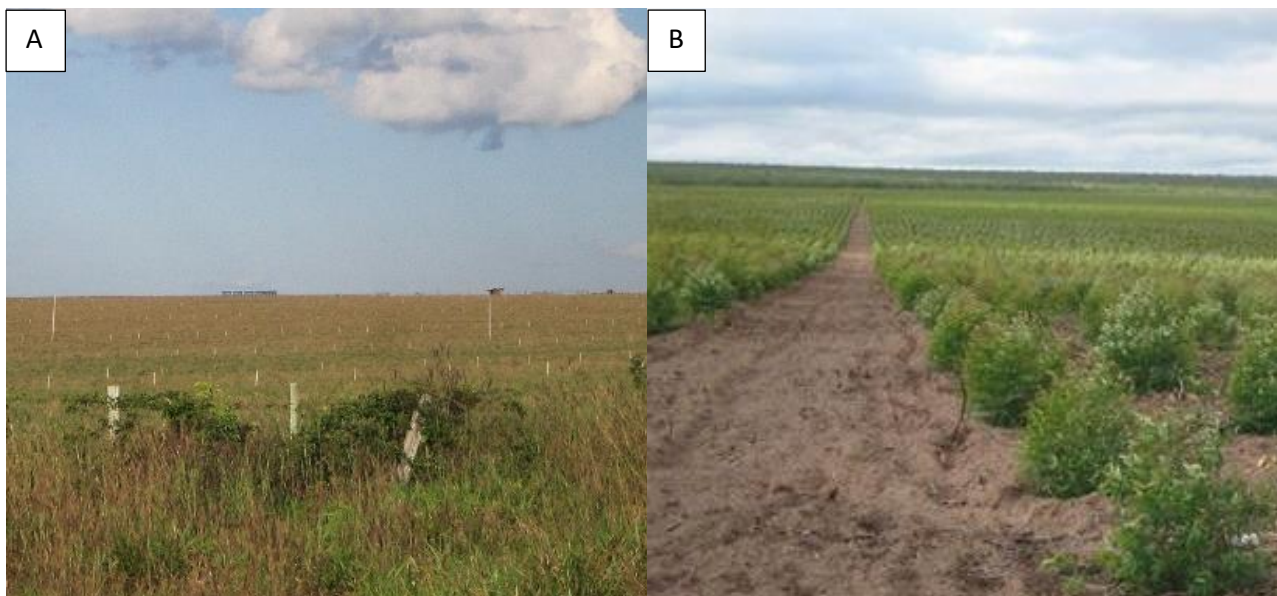
Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil (2015)

Figura 84 - Savana florestada com floresta de galeria



Evandro André Félix. Fevereiro/2017

Figura 85 - Unidade I: Expansão de área de pastagem e eucalipto nas áreas de planalto.



Evandro André Félix. Fevereiro/2017

Com relevo de topografia íngreme, a paisagem é ocupada por mais de 91 % de minifúndios e pequenas propriedades (Tabelas 51 e 52), elevando a pressão sobre os recursos naturais, compostos de estruturas com elevado grau de fragilidade ambiental.

Tabela 51 - Unidade I: Composição e percentual de unidades do relevo

Unidade do relevo	Área km ²	%
Degraus estruturais e rebordos erosivos	1.268,06	46,96
Domínio de colinas dissecadas e morros baixos	336,26	12,45
Planaltos	1.002,54	37,13
Planícies fluviais ou flúvio-lacustres	14,56	0,54
Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas	74,97	2,78
Terraços fluviais	4,02	0,15

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da CPRM (2014)

Tabela 52 - Unidade I: Tipo e percentual de propriedades

Tipo de propriedade	Nº de propriedades	%	Área/ha	%
Minifúndio (1 a 80 ha)	1.564,00	75,67	30.729	11
Pequena propriedade (80 a 320 ha)	323	15,63	51.069	19
Média propriedade (320 a 1200 ha)	133	6,43	80.130	30
Grande propriedade (>1200 há)	47	2,27	108.491	40
Total	2.067,00	100,00	270.418,53	100

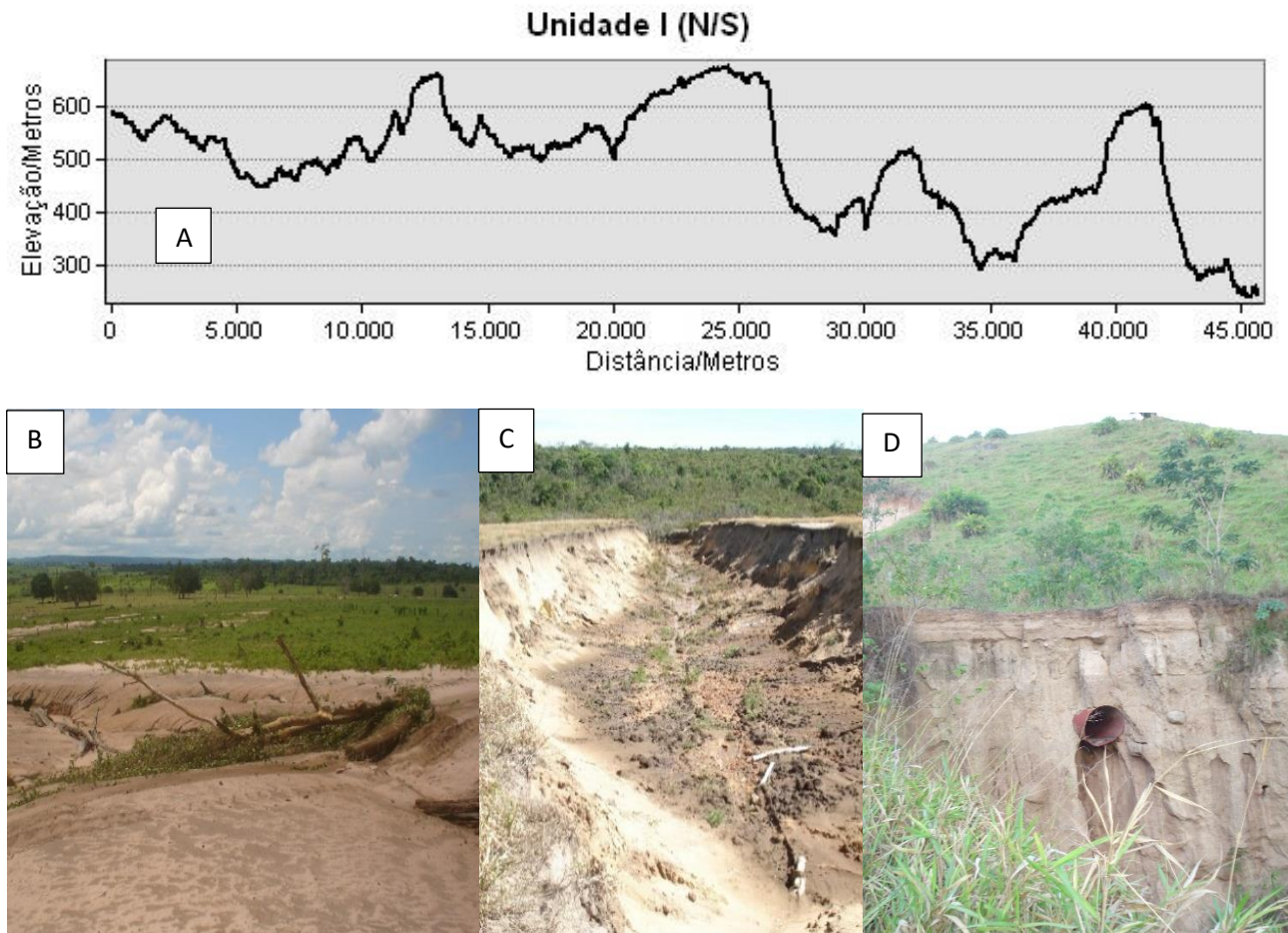
Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Imafloa (2017)

Resultante do processo de ocupação e uso de alto impacto (pecuária) para áreas cuja morfologia e morfometria favorecem o escoamento superficial sob área de alta suscetibilidade, tem-se paisagem intensamente impactada do planalto aos vales (Figura 86 A a H).

O perfil topográfico expresso na Figura 86 A exemplifica a elevada amplitude topográfica da unidade da paisagem. Em 86 B é possível observar a formação de ravinas cercadas de grande extensão de área sob processo de arenização, processo local típico nas áreas de planalto, onde se pratica a atividade pecuária intensificada. As Figuras 86 C e D representam fenômenos comuns sobre áreas de rebordo erosivo, desencadeado pela prática inadequada da pecuária sobre áreas suscetíveis a erosão hídrica, o que leva à formação de voçorocas, que impulsionam rupturas de aterros em estradas e trilhas de acesso às pequenas propriedades.

Essa transição fica nítida na Figura 86 F, que retrata a ocupação de áreas de terreno íngreme. A compactação do solo destas áreas, praticada pelo superpastoreio, favorece o escoamento superficial, levando à lixiviação do solo e à sobrecarga das redes de drenagem, que passam a escoar as águas pluviais, acarretando erosão de margem e assoreamento dos canais como retratado na Figura 86 G e H.

Figura 86 - Unidade I: Síntese dos impactos na paisagem





Evandro André Félix. Abril/2017.

4.3.2 Unidade II – Paisagem das terras médias (morros e colinas suavizadas e áreas aplainadas)

A Unidade II abrange uma área de 2.105,11 km², representando 37,19 % da bacia hidrográfica, e comporta em seus domínios os municípios de Araputanga, São José dos Quatro Marcos, Mirassol D'este (na porção centro, SO) e Lambari D'Oeste, Rio Branco, Barra do Bugres (porção centro NE).

O relevo (Tabela 53) possui característica plana suave e ondulada, destacando-se o domínio das superfícies aplainadas retocadas ou degradadas, que apresentam altitudes inferiores a 300 m e declividade média abaixo de 8%. A unidade das colinas amplas e suaves prevalece no sentido NO, enquanto que a NE as superfícies são planas retocadas ou degradadas, predominando, portanto, relevos ondulados suaves e planos (Figura 87 A, B e C).

Tabela 53 - Unidade II: Composição e percentual de unidades do relevo.

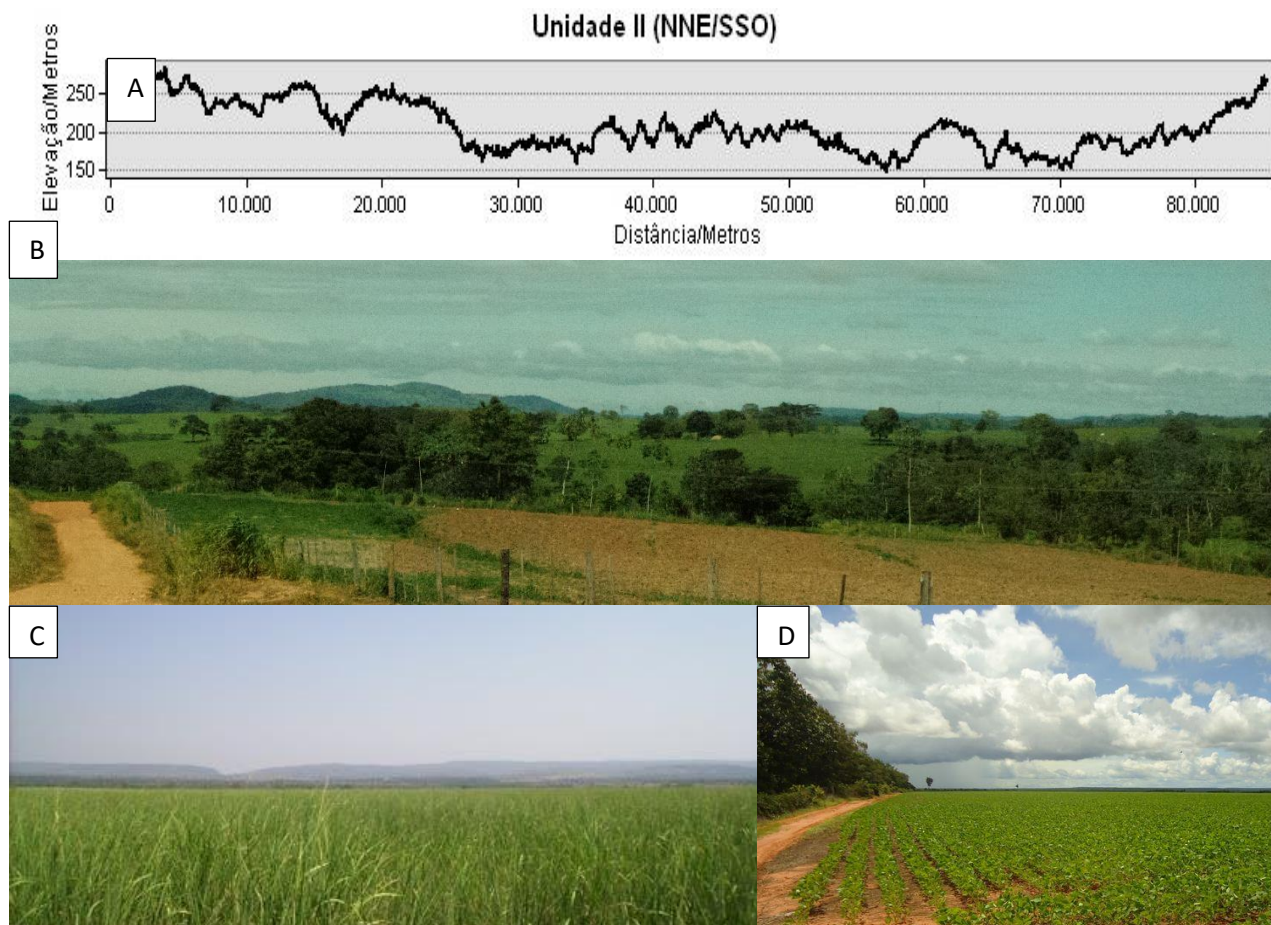
Unidade do relevo	Área km²	%
Degraus estruturais e rebordos erosivos	144,81	6,88
Domínio de colinas amplas e suaves	484,67	23,02
Domínio de colinas dissecadas e morros baixos	325,14	15,44
Domínio de morros e serras baixas	37,36	1,77
Superfícies aplainadas conservadas	95,82	4,55
Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas	539,31	25,62
Terraços fluviais	478,08	22,71

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da CPRM (2014)

O clima predominante é mesotérmico úmido dos baixos planaltos e depressões, (baixo planalto Jauru-rio Branco). A precipitação média anual fica entre 1400 e 1600 mm, caracterizando duas estações bem definidas, verão chuvoso e inverno seco. A estação chuvosa compreende o período de novembro a abril, quando apresenta balanço hídrico com excedente de 300 a 500 mm. A estação seca, compreendida entre maio e outubro, apresenta balanço hídrico com débito de 200 a 250 mm, com duração média de até seis meses. Conforme levantamento por sub-bacia, a unidade possui em sua maioria argissolos vermelho-amarelos eutróficos, latossolos vermelhos (eutróficos e distrófico) e nitossolo vermelho eutrófico. Ocupando apenas 18,75% da área da paisagem, a vegetação remanescente (Tabela 54) reflete a vegetação preexistente caracterizada por floresta do tipo estacional, estacional semidecidual aluvial e savana arborizada, ambas com característica arbórea. Entre 2002 e 2014, o remanescente da vegetação apresentou perda de 15 % de área, dando lugar à pecuária e, principalmente, à agricultura, representada por cana de açúcar e soja (Figura 87 C e D).

Refletindo o processo histórico ocupacional, a paisagem é hegemonicamente ocupada pela atividade pecuária (73,11 %) (Figura 87 B), seguida da atividade agrícola, com 5,75 % da área (Tabela 54). A atividade agrícola apresentou crescimento superior a 40% entre 2002 e 2014, crescimento este dado em virtude da topografia e solos favoráveis à prática agrícola, que tem feito do domínio da paisagem uma nova possibilidade para a expansão da fronteira agrícola no sudoeste mato-grossense, contando inclusive com programas e incentivos governamentais. Com destaque para o subtítulo “Cinco milhões de hectares de pastagens podem ser aproveitados para agricultura”, em matéria publicada no portal DBO no dia 1 de abril, fica clara a intenção de expansão para estas áreas da região. Contudo, os dados evidenciam que a expansão da atividade agrícola vem ocorrendo sobre áreas de vegetação remanescente, visto que a pecuária também apresentou crescimento.

Figura 87 - Unidade II: Padrão do relevo



Evandro André Félix. Fevereiro/2017.

Tabela 54 - Unidade II: Tipo, percentual e variação do uso e cobertura da terra

Tipo de uso e cobertura	Período				Variação	
	2002		2014		Km ²	%
	Área/Km ²	%	Área/Km ²	%		
Alteração antrópica	20,42	0,96	17,47	0,83	-2,95	-14,44
Agricultura	81,63	3,84	121,18	5,75	+39,55	+48,45
Pastagem	1.536,30	72,35	1.539,97	73,11	+3,67	+0,24
Influência urbana	2,20	0,10	2,20	0,10	-	-
Reflorestamento	0,65	0,03	30,57	1,45	+29,91	+4.591,75
Vegetação remanescente	465,27	21,91	395,03	18,75	-70,24	-15,10

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil (2015)

A distribuição dos domicílios rurais (Tabela 55) indica que, proporcionalmente, a paisagem apresenta maior número de minifúndios e pequenas propriedades, que somadas ocupam pouco mais 20% da área total da unidade da paisagem. Médias e grandes propriedades, embora representem pouco mais de 9% do total, ocupam 78,87 % da área, refletindo uma maior concentração de terras, uma redução da população residente e o aumento do tamanho médio das propriedades.

Tabela 55 - Unidade II: Tipo e percentual de propriedades

Tipo de propriedade	Nº de propriedades	%	Área/ha	%
Minifúndio (1 a 80 ha)	1.369,00	80,34	22.983,25	10,91
Pequena propriedade (80 a 320 ha)	165,00	9,68	21.325,25	10,12
Média propriedade (320 a 1200 ha)	137,00	8,04	68.562,26	32,53
Grande propriedade (>1200 há)	33,00	1,94	97.867,04	46,44
Total	1.704,00	100,00	210.737,80	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Imaflora (2017)

Constituída por relevos de topografia e declividades moderadas, a unidade apresenta elementos ambientais naturalmente mais resistentes ao desenvolvimento de processos erosivos por erosão hídrica resultante do escoamento superficial. Contudo, o uso do solo hegemonicamente exercido pela atividade pecuária e a supressão da vegetação, inclusive em áreas de preservação permanente, acabam por potencializar o escoamento superficial pela vasta rede de dragagem observada por todo o domínio da bacia, desenvolvendo principalmente erosão de margem e depósitos sedimentares constituídos de seixos e matacões a areia fina e silte, como constatado nas observações de campo (Figura 87). Nas figuras 88 A e B, é possível observar os danos às margens (setas vermelhas) e magnitude e composição dos depósitos de sedimentares compostos por seixos e matacões (seta azul). As Figuras 88 C e D, ambas no rio Cabaçal, evidenciam a continuidade dos processos de degradação de margem e deposição de sedimentos, compostos por granulometria mais fina.

Figura 88- Unidade II: Representação dos principais impactos





Evandro André Félix. Fevereiro/2017

4.3.3 Unidade III – Paisagem das terras baixas (superfícies aplainadas e terraços aluviais e planície Fúlvio lacustre)

A Unidade III possui área de 854,63 km² (15,09 %), estendendo-se pelos municípios de Lambari D'Oeste, Mirassol, Curvelândia e Cáceres. No relevo predominam as superfícies aplainadas conservadas. Os terraços fluviais apresentam aspecto típico de planície (Tabela 56). De aspecto geológico estritamente sedimentar, é constituída pela formação Araras (membro superior), formação Pantanal (fácies terraços aluvionares) e depósitos aluvionares recentes (sedimentos cenozoicos). De natureza sedimentar e baixa resistência a intemperismo físico e baixa porosidade primária (0 a 15%), a formação Araras exerce papel fundamental na estrutura da unidade, marcando assim um importante nível de base e zona de transição lito estratigráfica. Os depósitos aluvionares terraciados e recentes, por sua vez, se constituíram como ambientes que refletem a evolução histórico-geológica nos “Holon” superiores, mediante processos desencadeados em breve escala de tempo.

Tabela 56 - Unidade II: Percentual por unidade do relevo

Unidades do relevo	Area km ²	%
Superfícies aplainadas conservadas	158,74	18,57
Terraços fluviais	377,37	44,16
Planícies fluviais ou flúvio-lacustres	318,53	37,27

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do CPRM (2014)

O clima é do tipo mesotérmico subúmido das depressões e pantanais, apresentando baixos índices de precipitação, com período de estiagem podendo chegar a oito meses (abril a novembro), quando registra balaço hídrico deficitário de 300 a 350 mm por estação. Com temperatura média anual de 25°, precipitação entre 1300 a 1400 mm e excedente de precipitação entre 300 a 350 mm, o breve período chuvoso da unidade apresenta o menor balanço hídrico dentre todas as unidades da paisagem superiores.

Com topografia plana (declive de 0 a 3%) e predomínio de altitudes entre 100 e 150 metros (Figura 89), a unidade apresenta composição pedológica dada por argissolos vermelho-amarelos, latossolos vermelhos e vermelho-amarelo e neossolos flúvicos Tb distróficos.

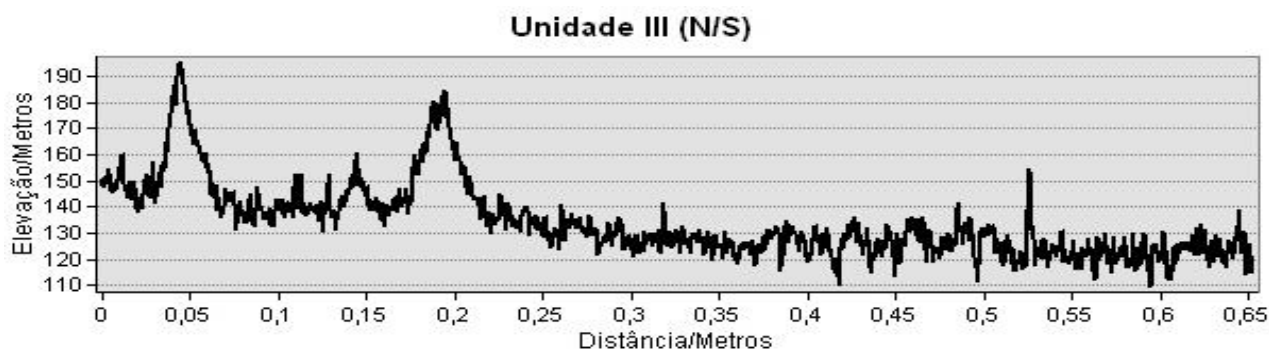
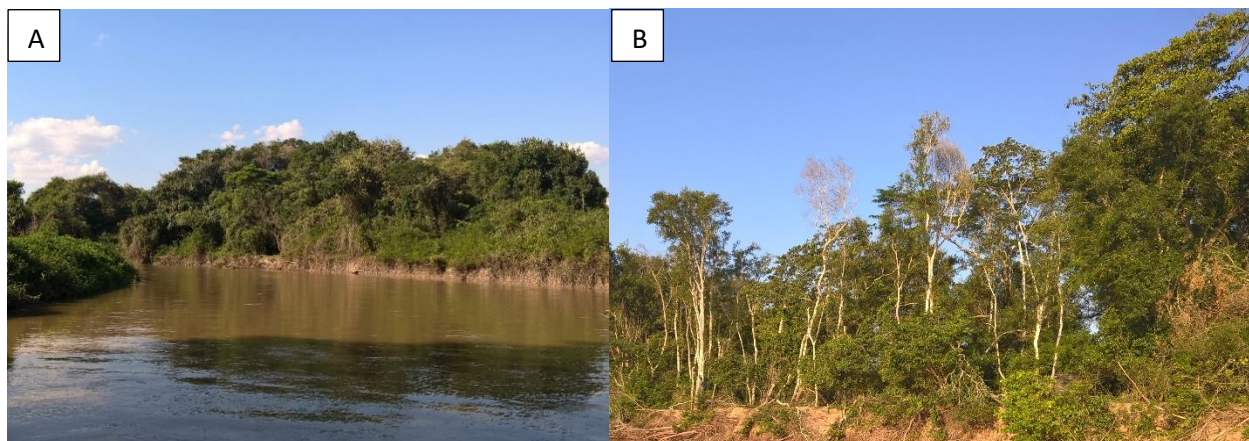


Figura 89 - Perfil topográfico.

A vegetação remanescente encontrada é do tipo floresta estacional semidecidual aluvial, encontrada nas áreas úmidas e alagadas (Figura 90 A). Nas áreas drenadas, sobre domínio dos terraços aluvionares são encontrados remanescentes de floresta estacional savana pioneira e savana florestada (Figura 90 B).

Conforme dados (Tabela 57), a vegetação remanescente no ano de 2014 representava 33,59 %, porém no período analisado acumulou perda de 16% da área. Sua redução foi seguida do crescimento da agricultura e pastagem, fato que evidencia o avanço de atividades produtivas, as quais vêm contribuindo para a mudança da paisagem.

Figura 90 - Unidade III: Composição da vegetação remanescente



Evandro André Félix. Fevereiro/2017

Tabela 57 - Unidade II: Tipo, percentual e variação do uso e cobertura

Tipo de uso e cobertura	Período				Variação	
	2002		2014		Km²	%
	Área/Km²	%	Área/Km²	%		
Alteração antrópica	22,92	2,68	23,46	2,75	+0,55	+2,39
Agricultura	40,29	4,71	45,13	5,28	+4,84	+12,02
Água	0,27	0,03	0,27	0,03	-	-
Pastagem	446,03	52,19	488,90	57,21	42,87	+9,61
Reflorestamento	-	-	9,79	1,15	9,79	-
Vegetação remanescente	345,11	40,38	287,06	33,59	-58,05	-16,82

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil (2015)

Localizada próximo às margens da BR 174 e integrada ao município de Cáceres, a unidade pode ser considerada como rota histórica do processo de ocupação dos domínios da bacia hidrográfica e região, uma vez que dá acesso ao demais municípios compreendidos dentro das unidades da paisagem. A paisagem da unidade apresenta ainda maior concentração de minifúndios e pequenas propriedades (Tabela 58), concentradas ao longo da BR 174 (Figura 83). À direita da rede de drenagem, na zona de contato com a BR, predominam minifúndios e pequenas propriedades que, somadas, ocupam pouco mais de 28% da área total da paisagem. Na margem esquerda prevalecem médias e grandes propriedades.

Tabela 58 – Unidade III: Tipo e distribuição das propriedades

Tipo de propriedade	Nº de propriedades	%	Área/ha	%
Minifúndio (1 a 80 ha)	670,00	78,64	8.443,90	8,95
Pequena propriedade (80 a 320 ha)	115,00	13,50	18.371,70	19,47
Média propriedade (320 a 1200 ha)	54,00	6,34	30.255,18	32,07
Grande propriedade (>1200 há)	13,00	1,53	37.282,48	39,51
Total	852,00	100,00	94.353,26	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Imaflora (2017)

Em relação às unidades superiores, a paisagem apresenta maior distribuição de terras entre minifúndios, pequenas, médias e grandes propriedades, uma consequência da exploração imobiliária da área. Os trabalhos de campo revelam grande exploração de suas margens para atividades de lazer e pesca, com incorporação de inúmeras propriedades às margens do rio (pesqueiros). Uma tendência observada nos últimos anos, este processo decorre da proximidade com as cidades de São José dos Quatro Marcos, Mirassol D'Oeste, Curvelândia e Cáceres.

Em síntese, os elementos identificados nas unidades da paisagem refletem o processo histórico de ocupação e uso da terra em toda a extensão da bacia hidrográfica. Estudos conduzidos por Carvalho (2015) apontaram que 72,07% da área da bacia refere-se às classes extremamente e muito susceptíveis à erosão hídrica, por considerar os tipos de solos e seu grau de erodibilidade, em particular, os Argissolos, Neossolos, Nitossolos e os Cambissolos, cuja erodibilidade varia de alta a média. Deste modo, a bacia do rio Cabaçal é classificada como extremamente a moderadamente susceptível à erosão hídrica, em decorrência da característica física, química e mineralógica do componente pedológico, que contribui para os altos índices de susceptibilidade à erosão na bacia (CARVALHO, 2015, p. 3)

A compilação dos dados por sub-bacias e unidades da paisagem indica que a bacia dispõe de grande parte de suas áreas com elevado grau de suscetibilidade a erosão hídrica e uso da terra em desconformidade com condições ambientais, apresentando sinais de esgotamento e desequilíbrio. Com efeitos acumulados ao longo do tempo devido à pressão antrópica, principalmente nas áreas de maior declive e altitude, onde se desenvolveram intensos processos erosivos, o impacto sobre o sistema de drenagem por meio do assoreamento sistemático de montante a jusante é mais visível, caracterizando, portanto, toda a bacia hidrográfica como fonte de grandes quantidades de sedimentos para a depressão pantaneira.

Desta forma, a síntese apresentada na tabela 59, apresenta as principais características ambientais, impactos, potencialidades e limitações por unidade de paisagem, destacando escala estimada de vulnerabilidade ambiental.

Unidades da Paisagem	Características Ambientais dominantes	Principais impactos observados	Potencialidades	Limitações	Nível estimado de vulnerabilidade ambiental
Unidade I	Grande diversidade geológica com transição de estruturas sedimentares e ígneas intrusivas, relevo intensamente movimentado entre o planalto e rebordos erosivos, sob clima de alta pluviosidade, solos arenosos, pedregosos e argilosos, o uso da terra dado pela atividade pecuária. rios e córregos grande capacidade de escoamento e transporte de material sedimentar e sedimentação elevada	<ul style="list-style-type: none"> - Desmatamento de áreas suscetíveis a degradação. - Ocupação de APPs - Lixiviação do solo - Erosão laminar - Ravinas e voçorocas - Assoreamento de rios e córregos 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta pluviosidade - Boa disponibilidade hídrica. - Vegetação remanescente presente - Reflorestamento. - Potencial turístico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solos de baixa fertilidade natural e vulnerável a erosão hídrica. - Topográfica irregular 	Alta
Unidade II	Grande diversidade geológica com interação de estruturas ígneas intrusivas e sedimentares, relevo de ondulado a plano. Clima de pluviosidade média, solos argilosos, o uso da terra dado pela pecuária e agricultura. rios e córregos grande capacidade de escoamento e transporte de material sedimentar e sedimentação elevada	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação de APPs - Lixiviação do solo - Erosão de margem - Voçorocas - Assoreamento de rios e córregos 	<ul style="list-style-type: none"> - Relevos de ondulado a plano - Pluviosidade Moderada - Solos férteis 	<ul style="list-style-type: none"> - Seções de relevo movimentado 	Média
Unidade III	Geologia de base sedimentar, relevo plano. Clima de pluviosidade baixa, solos arenosos e uso da terra dado pela pecuária. Canais meandrantés com grande capacidade de escoamento e transporte de material sedimentar, sedimentação elevada	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação de APPs - Erosão de margem - Depósitos sedimentares - Assoreamento de rios e córregos 	<ul style="list-style-type: none"> - Relevo plano - Disponibilidade hídrica 	<ul style="list-style-type: none"> - Solos arenosos - Áreas alagadas - Baixa pluviosidade 	Baixa

Tabela 59 - Síntese das características ambientais, potencialidades, limitações e vulnerabilidade das unidades da paisagem

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi motivada devido à escassez de dados morfológicos, morfométricos e dinâmica fluvial da bacia do rio Cabaçal e suas respectivas sub-bacias. Neste sentido, o presente estudo buscou compreender a variabilidade hidrológica, morfológica e morfométrica da bacia a partir da análise integrada das características ambientais (geologia, relevo, clima, solo e sistemas de aquífero) do conjunto de sub-bacias, possibilitando a compreensão das características quantitativas e qualitativas da vazão, carga de sedimentos, morfologia e morfometria da bacia hidrográfica por meio das sub-bacias. Desta maneira, foi possível classificar a paisagem em três unidades distintas: Unidade I - terras altas, Unidade II - terras médias e Unidade III - terras baixas.

Para tanto, foi empregado um conjunto de técnicas e análises, que permitiram a obtenção das respostas propostas nos objetivos do presente estudo. Ante a diversidade, natureza, dimensão, volume de dados, informações e análises reunidos sobre a área e objetos de estudo, foi possível avaliar e estabelecer as seguintes considerações:

Afluente da margem direita do rio Paraguai, a bacia está na região sudoeste do estado de Mato Grosso e se estende por 10 municípios, sendo caracterizada, como uma das principais bacias do sistema ambiental da bacia do alto Paraguai (BAP), área com elevada disponibilidade hídrica.

Dispõe de ampla diversidade componentes ambientais (geológica, geomorfológica, climática, pedológica e hidrogeológica). Dispondo de dezesseis unidades geológicas dadas pelas formações: depósitos aluvionares recentes, coberturas detritos-lateríticas ferruginosas, formação pantanal fácies depósitos aluvionares e fácies terraços aluvionares, formação Utiriti, Araras membro superior, Puga, Morro Cristalino, Vale da Promissão, Fortuna e suítes intrusivas Alvorada, Rio Branco, Santa Cruz e Tonalito Cabaçal, além dos complexos alto Guaporé e grupo alto Jauru.

O relevo é composto de nove unidades: nas áreas de maior altitude (alto curso) são constituídas pelo planalto dos Parecis e os degraus estruturais e rebordos erosivos (da chapada dos Parecis). As áreas de médias altitudes (de alto a médio curso) são constituídas pelas colinas dissecadas e morros baixos, colinas amplas e suaves e as superfícies aplainadas retocadas ou degradadas. As áreas de média e baixa altitude (de

alto a baixo curso) são compostas pelo domínio de morros e serras baixas, terraços fluviais, superfícies aplainadas conservadas e planície fluvial.

O clima da bacia está contextualizado sob o domínio do clima tropical continental alternadamente úmido e seco das chapadas, planaltos e depressões, subdividida em seis subunidades climáticas distribuídas de alto a baixo cursos. A precipitação média anual vai de 2100 milímetros nas áreas de planalto (alto curso) a 1300 mm nas áreas de planície fluvial (baixo curso), tem-se, portanto, áreas de Planalto com elevada pluviosidade e planícies com baixa precipitação e estação seca prolongada.

De acordo com dados de SEPLAN-MT (2001), adequados segundo Embrapa (2014), a bacia hidrográfica do rio Cabaçal registra quatorze classes de solos até 3º nível categórico. Com predomínio dos argissolos (vermelho-amarelos alumínicos, vermelho-amarelos distróficos e eutróficos), latossolos (vermelho-amarelos alumínicos, distróficos e vermelhos distróficos e eutróficos) e neossolos quartzarênicos.

A morfologia e a morfometria revelam que a bacia dispõe de formato alongado, alta densidade drenagem e hidrográfica e amplitude altimétrica de 605 metros. Sua rede de drenagem é classificada como de 8ª ordem e revela alta capacidade de drenagem. Tais fatores, associados ao uso inapropriado da terra, tornam a bacia vulnerável à degradação ambiental, uma vez que parâmetros evidenciam a alta capacidade de escoamento das águas superficiais, reduzindo a probabilidade de inundação e aumentando a capacidade de erosão, tendo em vista a exposição de grandes áreas ao potencial erosivo do escoamento superficial dado pela densa rede de drenagem. Este padrão morfológico e morfométrico, que evidência suscetibilidade a degradação por erosão hídrica, também foi constatado na sub-bacia do rio Cabaçal alto curso, rio Branco, rio Bugres e rio vermelho.

Os dados da dinâmica fluvial, elaborados a partir das sub-bacia, evidenciaram elevada capacidade de transporte de sedimentos, com predominância de areia fina em todas as sub-bacias. A Concentração de Sedimentos em Suspensão apresentou média de 182,8 mg/l¹ no período chuvoso e de 104,4 mg/l¹ na estiagem, transportando um total de 34.263,91 ton/dia no período chuvoso e 4.823,31 ton./dia na estiagem. Com os dados morfoestruturais, morfométricos e hidrogeológicos com ampla diversidade de ambientes e formas que favorecem o escoamento superficial, a bacia apresentou vazão média de 79,04 m³/s no período chuvoso e 20,60 m³/s na estiagem. Dentro deste contexto, a análise das sub-bacias apresentaram padrão hidrodinâmico distintos entre as sub-bacias.

Os dados da sub-bacia do rio Cabaçal alto Curso e rio Branco representam estas diferenças.

Contextualizada predominantemente sobre o sistema do aquífero fraturado centro sul, a sub-bacia do rio Branco registra vazão superior ao rio Cabaçal no período de chuvoso, quando sua vazão de 117,75 m³/s foi quase duas vezes superior em relação ao Cabaçal (sob maior domínio do aquífero Parecis), que apresentou vazão de 64,33 m³/s. No período da estiagem, a sub-bacia do rio Branco registra forte redução, com vazão de 16,07 m³/s, quase duas vezes inferior à vazão do rio Cabaçal, que apresentou vazão de 28,63 m³/s. As sub-bacia do Bugres, Vermelho e Cabaçal médio acompanharam a tendência registrada na sub-bacia do rio Branco e Cabaçal alto curso, apresentando variação da vazão nas seções estabelecidas em diferentes sistemas de aquífero.

O arranjo e a disposição dos componentes ambientais, associados aos dados morfológicos, possibilitaram a classificação da paisagem em três unidades distintas: Unidade I – paisagem das terras altas (planaltos e rebordos erosivos), Unidade II – paisagem das terras médias (morros e colinas suavizadas e áreas aplainadas) e Unidade III – paisagem das terras baixas (superfícies aplainadas e terraços aluviáres e planície flúvio lacustre). Com elevados índices pluviométricos, supressão drástica e crescente da cobertura vegetal e atividade pecuária sob domínio morfológico e pedológico altamente suscetível a erosão hídrica, a Unidade I da paisagem se destaca como unidade prioritária ao desenvolvimento de ações voltadas ao planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. As Unidades II e III, por se situarem sob terras médias e baixas, apresentam menor vulnerabilidade a erosão hídrica, mas as elevadas taxas de supressão da cobertura vegetal, seguida da expressiva expansão agrícola, requerem atenção específica com vistas à implantação de ações voltadas ao manejo adequado das pastagens e práticas agrícolas adequadas à proteção dos mananciais.

Desse modo, os resultados obtidos nesta pesquisa fornecem um conjunto de dados e instrumentação metodológica de análise e aplicação de estudos em bacias hidrográficas, por meio da análise de conjunto das sub-bacias na perspectiva geográfica, que contribuem e subsidiam ações de gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Cabaçal, por meio de seu Comitê de Bacias e outros instrumentos e órgãos governamentais e não governamentais.

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.
- ALVES, T. Paisagem em busca do lugar perdido. **Finisterra**, Lisboa, v. 36, n. 72, p. 67-74, 2001.
- ANA-Agência Nacional De Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: [s.n.] 2005.
- ANDRADE, A. R. D.; SCHMIDT, L. P. **Metodologias de pesquisa em geografia**. Guarapuava, Universidade Estadual Do Centro-Oeste 2015.
- AQUINO, D. S. **Mecanismos de transmissão de fluxos de água e sedimentos em dois grandes rios aluviais impactados pela atividade humana: O Araguaia e o Paraná**. 2007. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá, p. 145. 2007.
- 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, p. 197. 2011.
- ARAUJO, G. H. D. S.; ALMEIDA, J. R. D.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- 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, p. 166. 2008.
- ARRAES, C.; BUENO, C. R. P.; PISSARRA, T. C. T. Estimativa da erodibilidade do solo para fins conservacionistas na microbacia córrego do Tijuco, Sp. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 849-857, novembro 2010. ISSN 1981-3163.
- BACELLAR, L. D. A. P. **O papel das florestas no regime hidrológico de bacias**. Geo.br, Ouro Preto, p. 1-35, 2005. ISSN 519-5708.
- BAHIA, R. B. C.; PEDREIRA, A. A sedimentação proterozóica (esteniana-toniana) na borda oeste do Craton Amazônico. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 268-280, junho 2007. ISSN 0375-7536.
- BARROS, A. M.; SILVA, R. H. D; CARDOSO, O. R. F. A.; FREIRE, F. A.; SOUZA, J. J. J. da; RIVETTI, M.; LUZ, D. S. D; PALMEIRA, R. C.; TASSINARI, C. C. G. Geologia. In: Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil, Folha SD.21**. Cuiabá. Rio de Janeiro. p. 25-192, 1982.

BERTRAND, J. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **R. RAÍE GA**, Curitiba, v. 8, p. 141-152, 2004. ISSN 1516-4136.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. D. (2007). Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 2ª.ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p. 153-223.

BRABETS, T. P.; CONAWAY, J. S. Geomorphology and River Dynamics of the Lower Copper River, Alaska. U.S. **Geological Survey Scientific Investigations Report**, Virginia, p. 27-49, 2009. ISSN 5257.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 janeiro. 1997. p. 470.

BRIERLEY, G. Geomorphology and River Management. **Kemanusiaan**, n. 15, p. 3–26, 2008. ISSN 2180-4257.

BRITO, R. N. R. D. et al. Características Sedimentares Fluviais Associadas ao Grau de Preservação da Mata Ciliar - Rio Urumajó, Nordeste Paraense. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39 (1), p. 173 - 180, 2009. ISSN 1809-4302.

CALIL, P. M. et al. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 433–442, 2012.

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, p. 54. 2015.

CARVALHO, J. M. D. et al. Conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Cabaçal - MT, Brasil. In: 5º GEOPANTANAI. 2014. **Anais do 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Campo Grande, 22 a 26 novembro 2014. p 166 -176.

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. ISSN 18082793.

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

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo : Edgard Blücher, 1980.

_____. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo, Editora Hucitec, 1979.

_____. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

_____. **Modelagem de sistemas Ambientais**. São Paulo: Blucher.1999.

_____. Significância da teoria de sistemas em geografia física. **I Encontro De Geógrafos da América Latina**, Águas de São Pedro 1987. p, 119-128.

CONTI, J. B. Geografia e Paisagem. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, n. ed. especial, p. 239–245, 2014. ISSN 2179-460X.

COSTA, T. D.; LANÇA, R. **Hidrologia de Superfície**. Faro: Universidade do Algarve, v. 1, 2011.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa geodiversidade do estado de Mato Grosso**. 2009. Escala 1:500.000 :Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Mapas-de-Geodiversidade-Estaduais-1339.html> Acesso em: 04 março 2016.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa geológico do estado de Mato Grosso**. [S.l.]. 2004.

CUNHA, L. H.; COELHO, M. C. N. Política e Gestão Ambiental. In: CUNHA, S. B. D.; GUERRA, A. J. T.; (ORGS) **A Questão Ambiental: Diferentes Abordagem**. 9ª. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2015. Cap. 2, p. 43-79.

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

CUTRIM, A.O. Caracterização Hidrogeológica Do Grupo Parecis No Município De Lucas Do Rio Verde (Mt). **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, São Luís, 31/08 a 03/09 agosto e setembro 2010. 1-13.

DINIZ, J. A. O. et al. **Diagnóstico e Cartografia das Águas Subterrâneas da Bacia do Prata**. Programa marco para a gestão sustentável dos recursos hídricos da bacia do prata, considerando os efeitos hidrológicos decorrentes da variabilidade e mudança dos clima. [S.l.], p. 37. 2015.

ELORZA, M. G. **Geomorfologia**. Madrid: Pearson educación, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2ª. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 1997.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião**

Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro:1979. 83p. (Embrapa-SNLCS. Micelânea, 1).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 4ª. ed. Brasília, 2014.

FAULSTICH, F. R. L. **Dolomitização e sulfetos (zn) dos carbonatos neoproterozóicos da Formação Araras, MT.** 2005. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília. Brasília, p. 89. 2005.

FÉLIX, E.A.; et al. Análise da cobertura vegetal e evolução do uso da terra nas cabeceiras dos rios Jauru e Cabaçal. In: 6º Geopantanal. **Anais 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Cuiabá, 22-26 outubro 2016. p 180 -190.

FERREIRA, V. D. O. A. Abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados. **GeoTextos**, Salvador, v. 6, n. 2, p. 187-208, dezembro 2010. ISSN 1984-5537.

FIGUEIREDO, M.; RIBEIRO, J, R.; TOCANTINS, N. Levantamentos fitogeográficos e pedológicos aplicados na diagnóse e prevenção dos processos erosivos nas sub-bacias dos córregos dracena e guanabara no município de Reserva do Cabaçal-MT. **XII Encontro de Geógrafos da América Latina**, 2009.

FILHO, F.; LIMA, E. F. D. Considerações morfométricas da bacia do rio uberabinha – Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 65-80, junho 2007. ISSN 1982-4513.

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 Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968 p 151.

FRANÇA, J. M. B. D. et al. Morfometria e uso e ocupação da bacia hidrográfica do Carão, Estado do Ceará, Brasil. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, 13 a 18 abril 2013. p 8138-8145.

FREIRE, A. J.; LAGE, G.; CHRISTÓFARO, C. Comparação entre parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas gerados por dados SRTM e ASTER GDEM: estudo de caso para bacias do Vale do Jequitinhonha-MG. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, 13 a 18 abril 2013.

FREITAS, F. L. M.; GUIDOTTI, V.; SPAROVEK, G. Nota técnica: Malha fundiária do Brasil, v.170321. In: Atlas - A Geografia da Agropecuária Brasileira, 2017.Disponível em: www.imaflora.org/atlasagropecuario Acessado em: 22 maio de 2016.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. Dicionário Geológico - Geomorfológico. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.

IAC-Instituto Agronomico de Campinas. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. 2015. Escla: 1.500.0000 Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/Neossolos.pdf>>.

INSTITUTO SOS PANTANAL, WWF- BRASIL. **Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do Solo na Bacia do Alto Paraguai – Porção Brasileira**. Brasília: [s.n.], 2015.

JACOMINE, K. T. A nova classificação brasileira de solos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 5 e 6, p. 161-179, 2008-2009. ISSN 2448-2811.

LEANDRO, R. D. S.; SOUZA, C. A. D. Pantanal de Cáceres: composição granulométrica dos sedimentos de Fundo. **Revista Ambiente & Água**, 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**. v. 28, n. 1, p. 43-58, 2010.

LIMA, W. D. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2º. ed. Piracicaba São Paulo: ESALQ, 2008

LIMA, A. M. M. D.; PONTE, M. X. O estudo da paisagem e o planejamento estratégico como bases da gestão da oferta hídrica no estado do Pará: discussão teórica e metodológica. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 319-332, 2009. ISSN 1980-900X.

LIMA, E.; SILVA, E. V. D. Estudos geossistêmicos aplicados à bacias hidrográficas. **Revista Equador**, Teresina, v. 4, n. 4, p. 3-20, julho/dezembro 2015. ISSN 2317-3491.

LORENZON, T. H. Dinâmica do uso da terra e as implicações na cobertura vegetal, na qualidade da água e no solo da bacia hidrográfica do Cabaçal, Mato Grosso. 2016. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Tangará da Serra, p. 131. 2016.

LORENZON, T. H. et al. Geotecnologias aplicadas à análise do estado de conservação das APPs das nascentes da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, Mato Grosso - Brasil. **Anais 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Campo Grande, 22 a 26 novembro 2014. p 415-425.

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. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, 5 maio 2011. p 1441-1448.

MARCHETTI, D. A. B. Características da rede de drenagem e formas de relevo em tres unidades de solo de Piracicaba,SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 349-358, abril 1980. ISSN 16783992.

MARTINS, D. P. **Dinâmica das formas de leito e transporte de carga de fundo no alto rio Paraná**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá maio de 2004.

MELLO, L. T. A. D.; PAULA, T. L. F. D.; VEIGA, A. Influência de aquíferos no regime fluviométrico anual de pequenas bacias e na recarga subterrânea. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves, 17 a 22 novembro 2013. 7.

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, p. 62. 2016.

MIRANDOLA-AVELINO, P. H. **Análise Geo Ambiental Multitemporal para fins de Planejamento Ambiental: Um exemplo aplicado à Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal, Mato Grosso – Brasil**. 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 317. 2006.

NAKASHIMA, M. D. S. R.; ROSS, L. S. Unidades geomorfológicas e processos erosivos na bacia do rio Keller-PR. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 5, p. 1421-1428, 2000. ISSN 2176-4786.

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, outubro-dezembro 2013. ISSN 1808-3765.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. Bacias Hidrográficas, Planejamento e Gerenciamento. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros-Seção Três Lagoas**. nº 7, ano 5. ISSN 1808-2653, maio de 2008.

OLIVEIRA, A. A. B. D. A abordagem sistêmica no planejamento e gestão de bacias hidrográficas. **X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, Rio de Janeiro, janeiro 1997. p 734 a 748.

OLIVEIRA, H. L. D. P. R.; OLIVEIRA, M. D. R. D.; SOARES, A.M. Análise das características do Cambissolo háplico encontrado na voçoroca do ribeirão beija-flor em Uberaba, Minas Gerais. **Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos**, Porto Alegre, 25 a 31 julho 2010. p 1-11.

OLIVEIRA, J. D. D. **Bacia hidrográfica do Rio Branco, afluente da margem esquerda do Rio Cabaçal-MT: morfopedologia, uso e ocupação da terra e sedimentação**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres, p. 206. 2017.

OLIVEIRA, J. et al. Características geológicas e geomorfológicas e sua influência na espacialização da rede de drenagem na bacia do rio Branco, Mato Grosso, Brasil. **XI SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia - UGB - União da Geomorfologia Brasileira**, Maringá, 15 - 21 setembro 2016.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, B. D. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 12^a. ed. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 2016. Cap. 2.

PAULA, T. L. F. D. **Comportamento hidráulico de aquíferos sedimentares e metassedimentares de dupla porosidade da região do alto Paraguai, MT**. Dissertação (Mestrado) Universidade De Brasília. Brasília, p. 129. 2015.

PEREIRA, S. M. C. Etnografia e iconografia nos registros produzidos por Hércules Florence durante a expedição Langsdorff na província do mato grosso (1826-1829). 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, p. 203. 2008.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. D.; DEL PRETTE, M.E. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. p 17-36.

RIBEIRO, J.C.; TOCANTINS, N.; FIGUEIREDO, M. Diagnóstico dos processos erosivos na sub-bacia do córrego guanabara, município de Reserva do Cabaçal, Pantanal, MT. **GeoPantanal** , Corumbá. Jan/Jun. 2013, v. 8, n. 14, p. 152-169. ISSN 2446-8681.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, C. F.; MANCINI, F. Rios e Processos Aluviais. In: TEIXEIRA, W., et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003. Cap. 10, p. 568.

RODRIGUES, A. B.; OTAVIANO, C. A. Guia Metodológico de Trabalho de Campo em Geografia. **Revista de Geografia UEL**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 35-43, janeiro 2001. ISSN 2447-1747.

ROSA, B. et al. Caracterização geológica ambiental do Distrito Afonsinho no município de Alto Paraguai – MT. **E&S – Engineering and Science**, v. 2, n. 1, 2014. ISSN 2358-5390

SALLES, M. M. O uso do sig na análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio São João – MG.2010. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 39. 2010.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço**. São Paulo. Hucitec, 1996.

SANTOS, W. A. D.; ARAÚJO, H. M. D. Geologia e recursos hídricos superficiais e subterrâneos. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 5-18, setembro/dezembro 2013. ISSN 2176-4786.

SARTORI, A.; NETO, A. N.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos** , v. 10, n. 4, p. 05-18 , Out/Dez 2005. ISSN 2318-0331.

SENTELHAS, P.; ANGELOCCI, L. R. **Balanço Hídrico Climatológico Normal e Sequencial, de Cultura e para Manejo da Irrigação**. [S.l.]: ESALQ/USP, 2012

SEPLAN- Secretaria De Estado De Planejamento de Mato Grosso. **Mapa das Unidades climáticas do estado de Mato Grosso**. Escala: 1.500.000. Cuiabá. 2001.

SERPA, P. Povos Indígenas no Brasil, Bororós. **Instituto socioambiental.**, 2001.
Disponível em: <<https://pib.socioambiental.org/pt/povo/bororo/248>>. Acesso em: 11 out. 2017.

SILVA, R. D. D. A dinâmica do uso da terra e seu efeito nas enchentes na bacia do córrego do parque, Americana (SP). 2016. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista. Bauru. 2016.

SILVA, E. S. F. et al. Evolução das feições morfológicas do rio Paraguai no pantanal de Cáceres - Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 4, p. 435-44, outubro a dezembro 2012. ISSN 2236-5664.

SILVA, M. T.; SILVA, V. D. P. R. D.; SOUZA, E. P. D. Morphometric analysis of the basin low middle São Francisco river. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing** v. 7, n. 81, p. 168-174, May 2015. ISSN:2237-2202.

SOARES, L. et al. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **RGD**, São Paulo, v. 31, p. 82-100, 2016. ISSN 2236-2878.

SOUZA, I. C. D. **Aspectos da morfometria de drenagem e produção de sedimentos em relação a variante chuva x vazão de diferentes trechos da bacia do ribeirão do gama – Distrito Federal nos anos de 2014 a 2015**. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília. Brasília, p. 106. 2015.

SOUZA, J. O. P. D. Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial, uma revisão de conceitos. **Caminhos de geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 46, p. 224–233, setembro 2013. ISSN 1678-6343.

STEVANUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo. Oficina de Textos, v. 3, 2017.

STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. **Portal da Cartografia**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 105-124, 2010. ISSN 1983-6546

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço geográfico uno e múltiplo. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, n. 93, p. 1-15, julho 2001. ISSN 1138-9788.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo. Edgard Blücher, 2003.

SZUBRIS, E. B. **Cáceres e região: nomes que fazem história**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Mato Grosso. CÁCERES-MT, p. 92. 2014.

TONELLO, K. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhães - MG. **R. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006. ISSN 1806-9088.

TRAJANO, S. R. R. D. 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, p. 33, dezembro 2012. ISSN 2317-8779.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves, v. 2, n. 1, p. Jan/Jun, 1997 p 135-152. ISSN 2318-0331.

VEIGA, A. M. et al. Caracterização Hidromorfológica da bacia do rio meia ponte. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 46, p. 126 - 138, junho 2013. ISSN 1678-6343

VITTE, A. C. O uso da morfometria de bacias de drenagem como suporte ao mapeamento da fragilidade ambiental nos municípios de Sumaré e Valinhos, região metropolitana de Campinas (SP) - Brasil. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**, São Paulo , 20 a 26 março 2005. ISSN 16336-16355.

WESKA, R. K. Uma síntese do cretáceo superior Mato-Grossense. **Geociências**, São Paulo , v. 25, n. 1, p. 71-81, 2006. ISSN 1980-900X