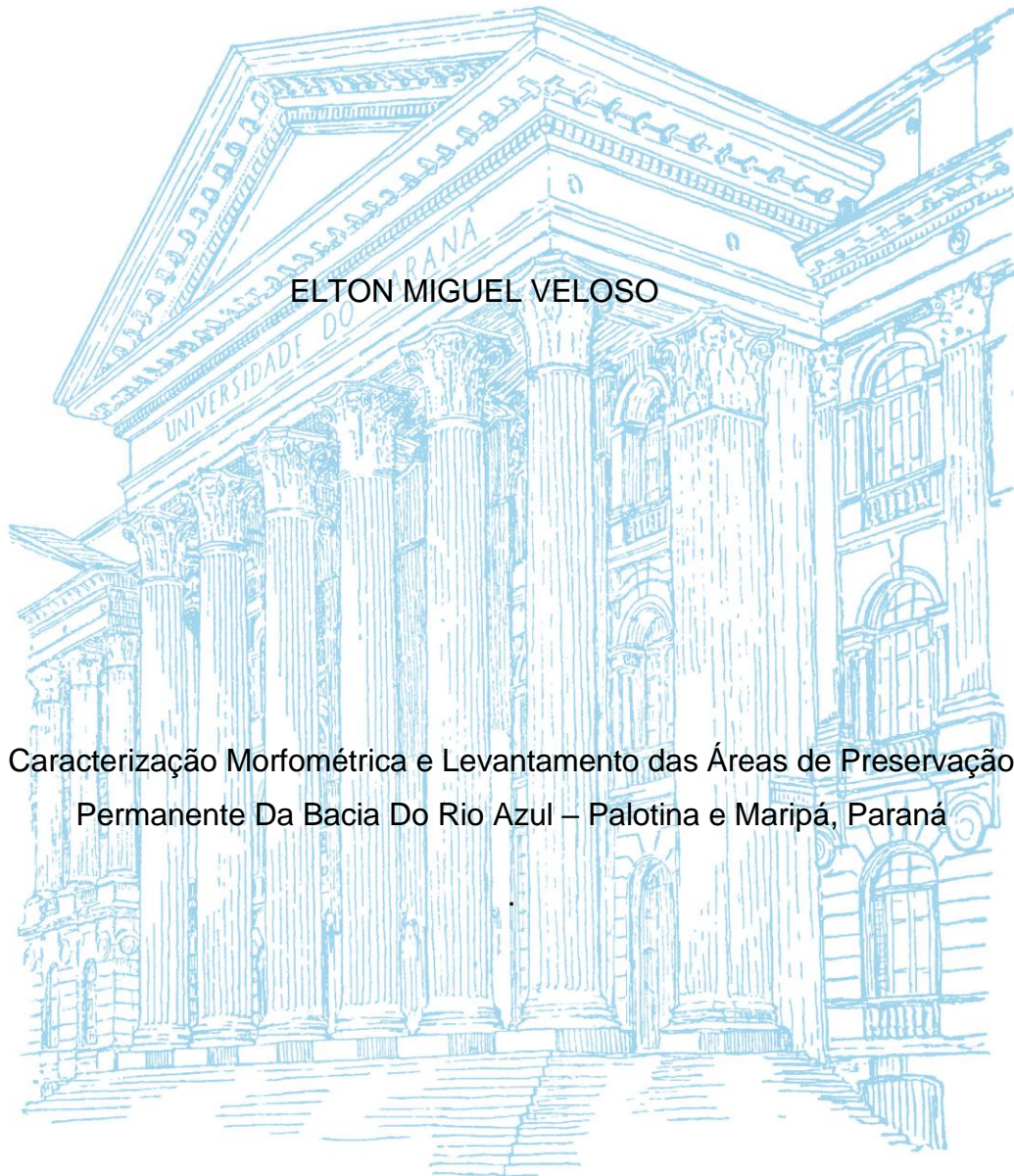


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – SETOR PALOTINA



ELTON MIGUEL VELOSO

Caracterização Morfométrica e Levantamento das Áreas de Preservação
Permanente Da Bacia Do Rio Azul – Palotina e Maripá, Paraná

PALOTINA
2016

ELTON MIGUEL VELOSO

Caracterização Morfométrica e Levantamento das Áreas de Preservação
Permanente Da Bacia Do Rio Azul – Palotina e Maripá, Paraná

Trabalho apresentado como requisito parcial
para à obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo da Universidade Federal do
Paraná – Setor Palotina.
Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo
Zacarkim

PALOTINA

2016

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, pelas oportunidades, motivações, aos obstáculos oferecidos, e ao sucesso alcançado em toda as atividades por mim desempenhadas.

Aos meus queridos pais Anataniel e Irene, por todo amor, compreensão e dedicação, e por nunca medirem esforços para que alcançasse meus objetivos.

A toda minha família, pelo suporte em todos os momentos da minha vida e, principalmente, durante a minha graduação, sempre auxiliando para no meu sucesso.

Aos professores desta instituição, em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Eduardo Zacarkim, pelo apoio, suporte e instruções durante todo este trabalho e durante a graduação, com muita paciência e esmero. A todos os funcionários da Universidade Federal do Paraná por de uma forma ou outra auxiliar na minha formação.

A todos os meus amigos e colegas pelo apoio pelo companheirismo, dedicação, firmeza, ideias e amizade.

RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Azul, é uma constituinte da bacia do rio Piquiri, localizada nos municípios de Palotina e Maripá, Paraná, está foi eleita como objeto de estudo devido seu tamanho e importância territorial, agropecuária e expansão urbana para os municípios que a abrangem, tendo como objetivo a realização da caracterização morfométrica e quantificação das áreas de preservação permanente da bacia do rio Azul, com auxílio de técnicas de geoprocessamento. Através do software Spring foi feita a manipulação da imagem gerando um Modelo Digital de Elevação (MDE). A partir do MDE foi gerado rede de drenagem e calculados alguns parâmetros morfométricos para o estudo do comportamento hidrológico da bacia, sendo os resultados: densidade de rios $0,87 \text{ Km/Km}^2$, perímetro $101,37 \text{ km}$, índice de compacidade $1,54$, fator de forma: $0,23$, ordem da bacia 5 e densidade de drenagem $0,97 \text{ Km/Km}^2$. Enquanto na relação das áreas totais de Preservação Permanente foi utilizado imagens do satélite RapidEye ao qual foi obtidos uma área de $15.981,04 \text{ Km}^2$ de APP, sendo que $13.996,64 \text{ Km}^2$, estão de acordo com a legislação vigente ou seja $87,58\%$ sendo que apenas $1.984,40 \text{ Km}^2$ ($12,42\%$) não se encontram em conformidade. Os resultados obtidos podem auxiliar na produção de diagnósticos, embasar decisões, auxiliar na resolução de problemas sobre implementação de empreendimentos na região, compatibilizando assim os diversos usos e interesses pela água e a conservação da bacia hidrográfica.

Palavras-Chave: Morfometria, Manejo de Bacias, SIG, Áreas de Preservação Permanente.

ABSTRACT

The watershed of the Azul River, a constituent of the Piquiri River basin, located in the city's of Palotina and Maripá, Paraná, was chosen as object of study due to its size and territorial importance, agriculture and urban expansion to the municipalities that cover it , With the objective of performing the morphometric characterization and quantification of the permanent preservation areas of the Azul River basin, with the aid of geoprocessing techniques. Through the software Spring was manipulated the image generating a Digital Elevation Model (MDE). From the MDE, a drainage network was generated and some morphometric parameters were calculated for the study of the hydrological behavior of the basin. The results were as follows: river density 0.87 km / Km², perimeter 101.37 km, compactness index 1.54, Form factor: 0.23, order of basin 5 and density of drainage 0.97 Km / Km². While in the relation of the total areas of Permanent Preservation, images of the RapidEye satellite were used, to which an area of 15,981.04 Km² of APP was obtained, 13,996.64 Km² being in accordance with the current legislation, or 87.58% That only 1,984.40 Km² (12.42%) are not in conformity. The results obtained can aid in the production of diagnostics, support decisions, assist in solving problems on the implementation of projects in the region, thus making compatible the various uses and interests for water and the conservation of the hydrographic basin.

Key-Words: Morphometry, Basin Management, GIS, Permanent Preservation Areas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de localização da bacia do Rio Azul.....	4
Figura 02: Mapa de Clima segundo classificação de Koppen.....	6
Figura 03: Mapa das sub-unidades morfo estrutural da bacia do rio Azul.....	8
Figura 04: Mapa de Classificação de solo segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.	9
Figura 05: Fluxograma da Metodologia	10
Figura 06: Mapa de declividade da Bacia do Rio Azul	26
Figura 07: Mapa Hipsométrico da Bacia do Rio Azul	28
Figura 08: Perfil Topográfico da Bacia do Rio Azul	29
Figura 09: Mapa Hidrográfico da Bacia do Rio Azul.....	31
Figura 10: Mapa das Areas de Preservação Permanente da Bacia do Rio Azul	36
Figura 11: Tanques irregulares construídos dentro da APPs.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Classes de Declividade	14
Tabela 02. Valores de vulnerabilidade para a amplitude Altimétrica	20
Tabela 03: Textura Topográfica	20
Tabela 04: Classes de usos dos solos.	21
Tabela 05: Valores de vulnerabilidade para a amplitude Altimétrica	22
Tabela 06. Principais parâmetros morfométricos avaliados	23
Tabela 07. Distribuição das classes de declividade da bacias hidrográfica, segundo	25
Tabela 08. Distribuição das classes de altitude da bacia do rio Azul	27
Tabela 9: Características morfométricas das bacias hidrográficas	32

LISTA DE ABREVIATURAS

APP	- Área de Preservação Permanente
Cfa	- Clima Temperado Húmido com Verão Quente
Cfb	- Clima Temperado Húmido com Verão Temperado
Cm	- Coeficiente de Manutenção
Cwa	- Clima Temperado Húmido com Inverno Seco e Verão Quente
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
Dd	- Densidade de Drenagem
Dr	- Densidade de Rios
Eps	- Extensão do Percurso Superficial
GHz	- Gigahertz
Hm	- Declividade Média da Bacia
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	- Instituto Nacional Pesquisa Espacial
Ir	- Índice de Rugosidade
Kf	- Coeficiente de Forma
Kc	- Coeficiente de Compacidade
M. s. n. m	- Metros sobre o Nível do Mar
PI	- Plano de Informação
Rr	- Relação de Relevô
RL	- Reserva Legal
SIG	- Sistema de Informação Geográfica
Sin	- Sinuosidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3 METODOLOGIA	4
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	4
3.1.1 Localização	4
3.1.2 Clima	5
3.1.3 Precipitação.....	6
3.1.4 Vegetação	6
3.1.5 Geologia e Geomorfologia.....	7
3.1.6 Solos	8
3.1.7 Economia	Erro! Indicador não definido.
3.2 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA	10
3.3 MATERIAIS COMPUTACIONAIS	10
3.3.1 SPRING.....	10
3.3.2. TERRAVIEW	11
3.4 GEOPROCESSAMENTO	11
3.4.1 Tratamento Prévio dos Dados de Base.....	11
3.4.2 Dados de Altimetria	12
3.4.3 Delimitação da Área de Estudo	13
3.4.4 Delimitação Curvas de Nível	13
3.4.5 Mapa de Declividade	13
3.4.6 Mapa Hipsométrico	14
3.4.7 Hidrografia.....	15

3.4.8. GERAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	15
3.4.8.1 Fundamentação Legal.....	15
3.4.8.2 Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APP)	16
3.4.8.3 Mapa de Áreas de Preservação Permanente.....	17
3.4.9 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA	17
3.4.10 Tabela De Parâmetros Morfométricos.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSÃO	25
5 CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência humana e a evolução da sociedade. Nos continentes, em seu estado líquido, a água encontra-se, em lagoas, lagos, no subsolo e nos rios, os quais somados forma à rede de drenagem constituindo a bacia hidrográfica, a qual é delimitada pela topografia do terreno. Os recursos hídricos constituem indicadores da qualidade do ecossistema, no que tange aos efeitos do desequilíbrio dos respectivos elementos (Souza et al., 2002).

As bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais, das atividades humanas e das mudanças nelas desenvolvidas (Guerra & Cunha, 2003). É necessário conhecer as características morfométricas de uma bacia hidrográfica para que haja a conservação dos recursos hídricos, sendo assim possível o entendimento do comportamento hidrológico possibilitando acompanhar os processos que tangem o ciclo hidrológico e as respectivas respostas da natureza, de modo a minimizar impactos ambientais e desastres naturais (Ferreira et al., 2012; Carelli & Lopes, 2011). A carência de conhecimento dos atributos da unidade de planejamento pode acarretar a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos (Santos & Hernandez, 2013).

Uma moderna ferramenta que auxilia nos estudos de morfometria, é a geotecnologias, que segundo Fitz (2008) podem ser compreendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências e correspondentes, as quais acarretam em avanços no desenvolvimento de pesquisas, em ações de fomento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos pertinentes à estrutura do espaço geográfico.

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas hoje em dia é realizada com a conexão de informações de relevo em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Esse método pode ser realizado de modo manual ou automático (Cardoso et al., 2006).

Segundo Brubacher et al., (2011) a introdução de tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento viabilizam e apressam a análise morfométrica cooperando para o diagnóstico e a compreensão dos processos decorrentes da dinâmica geomorfológica e hidrológica.

Sendo assim o objetivo deste estudo foi avaliar as características morfométricas e quantificar as áreas de preservação permanente da bacia do Rio Azul, microbacia integrante a bacia hidrográfica do Rio Piquiri, com intuito de fornecer subsídios para a gestão de recursos hídricos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo

Realizar a caracterização morfométrica e quantificação das áreas de preservação permanente da bacia do rio Azul, com auxílio de técnicas de geoprocessamento.

2.2 Objetivos Específicos

Utilizar um Sistema de Informações Geográficas para gerar uma base digital topográfica, hidrológica a partir de imagens de satélite;

Caracterizar morfometricamente a bacia hidrográfica do rio Azul;

Avaliar e quantificar as áreas de APP da bacia estudada.

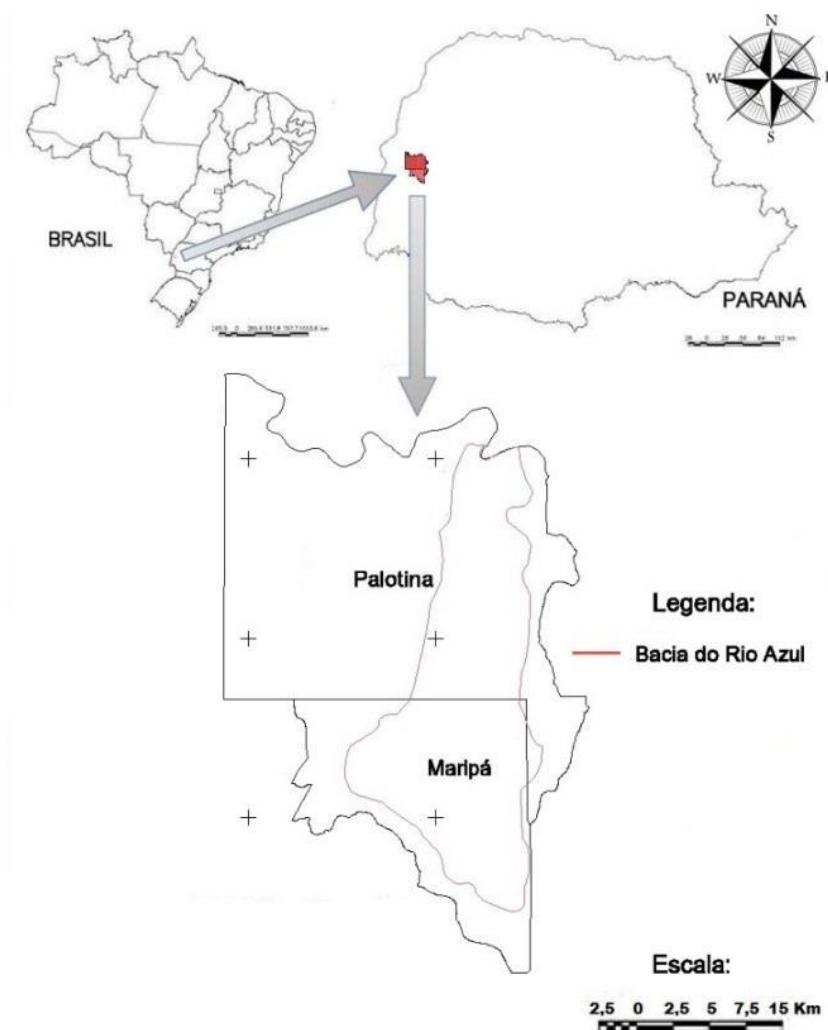
3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Localização

A bacia hidrográfica do Rio Azul pode ser considerada uma bacia do Rio Piquiri, que fica situada na região noroeste do estado do Paraná, entre os municípios de Palotina e Maripá. Segundo dados do IBGE (2016), Palotina possui uma área de 651,238 Km² e Maripá uma área de 283,793 Km² (Figura 01).

Figura 01: Mapa de localização da bacia do Rio Azul. Fonte: Spring 5.3



Fonte: Banco de dados (Spring 5.3)

O município de Palotina faz fronteira, ao norte com Francisco Alves e Iporã, ao sul com Maripá e Nova Santa Rosa, ao leste com Assis Chateaubriand e oeste com Terra Roxa. Enquanto o município de Maripá faz divisa ao norte com Palotina, ao oeste com Nova Santa Rosa, ao sul com Toledo e ao Leste com Assis Chateaubriand.

Os principais acessos de Palotina são pelas Rodovias estaduais PR-182 sendo esta a saída que dá acesso para Maripá e Toledo ou para Francisco Alves, e a PR-364 saída para Assis Chateaubriand ou Terra Roxa. Já o acesso principal do de Maripá ocorre através da PR-182.

3.1.2 Clima

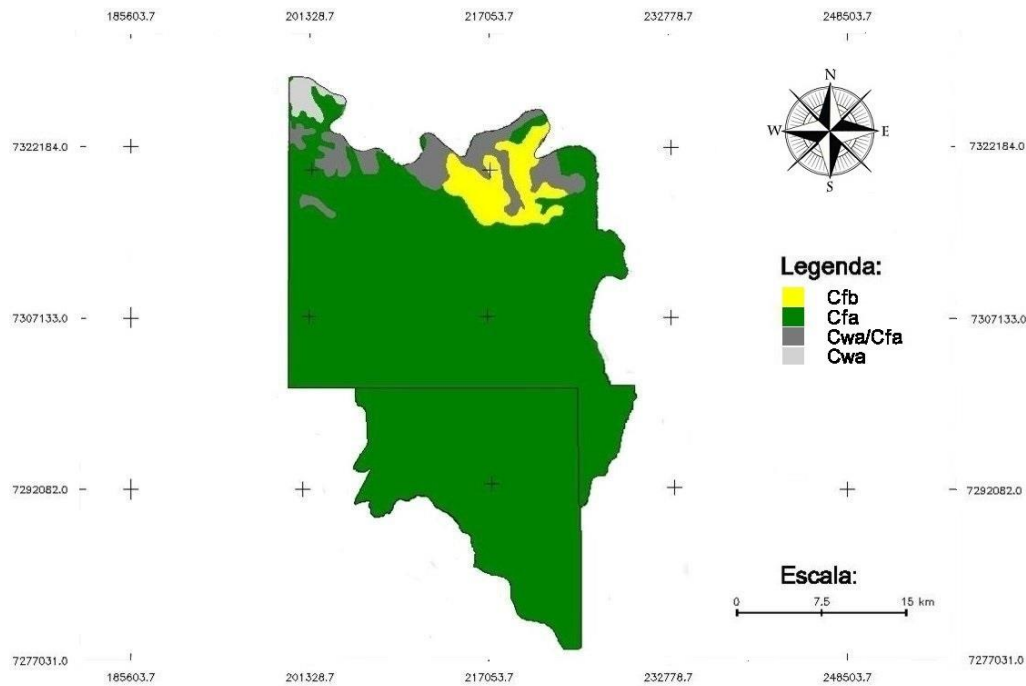
Segundo a classificação de Köppen (IAPAR 1998), a região da bacia do rio azul possui em sua maioria um clima mesotérmico úmido (sem estação seca) Cf, incluindo dois subtipos, Cfa e Cfb (Figura 02), que são descritos a seguir:

Cfa - Clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida;

Cfb - Clima temperado propriamente dito; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida.

Áreas ao norte sofrem influência do rio Piquiri apresentando faixas com clima em transição entre o Cwa/Cfa onde prevalece o clima subtropical úmido, onde ocorre verão úmido, dado massas tropicais instáveis (ITCG 2008).

Figura 02: Mapa de Clima segundo classificação de Koppen.



Fonte: Spring 5.3 – Banco De Dados Atlas 2008.

3.1.3 Precipitação

Segundo Caviglione et al., (2001), a precipitação anual estão entre 1600 e 2000 mm, apresentando no período mais chuvoso precipitação de 400 a 600mm e 250 a 400mm no trimestre mais seco, as chuvas tendem a se concentrar nos meses de verão.

3.1.4 Vegetação

Na área de estudo prevalece a Floresta Estacional Semidecidual Submontana, conforme classificação da vegetação proposta por Veloso et al., (1991), consiste em uma formação de florestas variáveis fisionomicamente, que apresentam desde elementos arbóreos (perenifólios ou decíduos), além de

elementos arbustivos, lianas e epífitas. Isto ocorre devido a dupla estacionalidade climática.

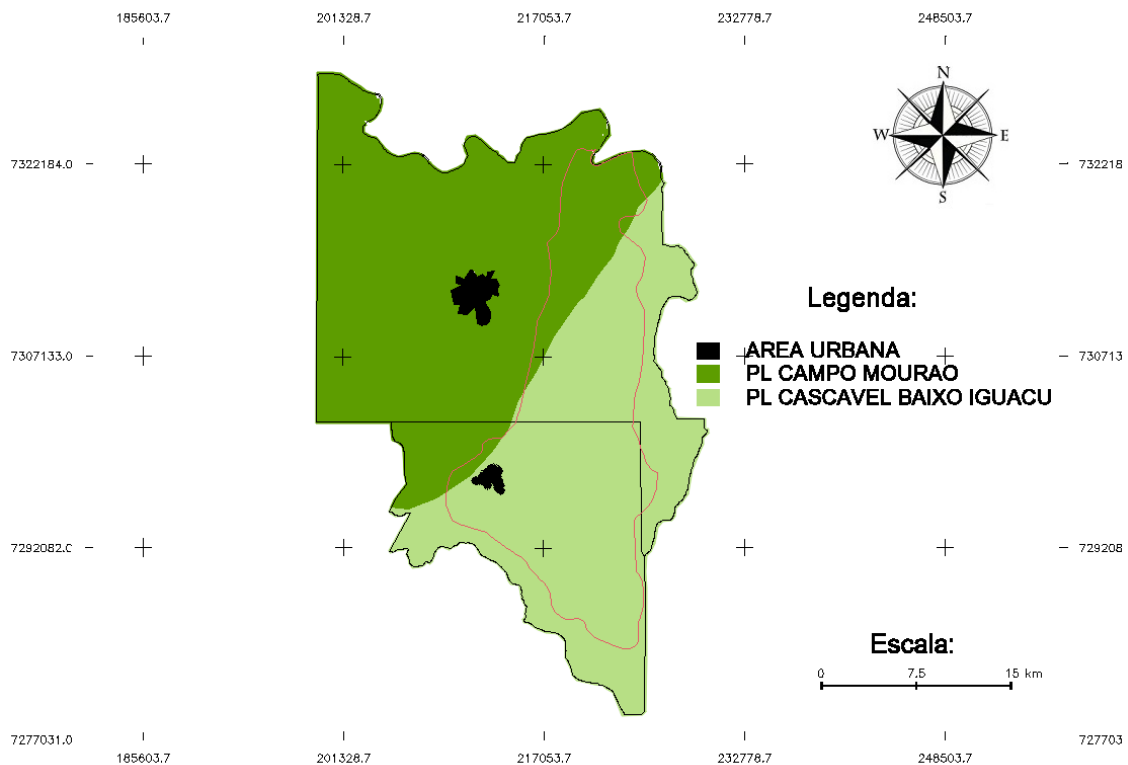
3.1.5 Geologia e Geomorfologia

O substrato geológico é composto pelo grupo São Bento, constituído por arenitos conglomeráticos, arenitos e siltitos, intercalados em espessos derrames de rochas efusivas básicas a intermediária com exposições de diferenciados ácidos (dacitos, riódacitos e riólitos) da Bacia do Paraná. (Mineropar 2005).

Segundo (Mineropar 2006), A sub-unidade morfoescultural, denominada Planalto de Campo Mourão, situada no Terceiro Planalto Paranaense, apresenta dissecação baixa, A classe de declividade predominante é menor que 6% onde o relevo, apresenta um gradiente de 480 metros com altitudes variando entre 240 (mínima) e 720 (máxima) m. s. n. m. As formas predominantes são topos aplainados, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha, modeladas em rochas da Formação Serra Geral.

A sub-unidade morfoescultural, denominada Planalto de Cascavel, situada no Terceiro Planalto Paranaense, apresenta dissecação média, em que a classe de declividade predominante é menor que 12%. Em relação ao relevo apresenta um gradiente de 540 metros com altitudes variando entre 260 (mínima) e 800 (máxima) m. s. n. m. As formas predominantes são topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V”, modeladas em rochas da Formação Serra Geral. (Mineropar 2006)

Figura 03: Mapa das sub-unidades morfo estrutural da bacia do rio Azul.



Fonte: Spring 5.3 – Banco De Dados Atlas 2008.

3.1.6 Solos

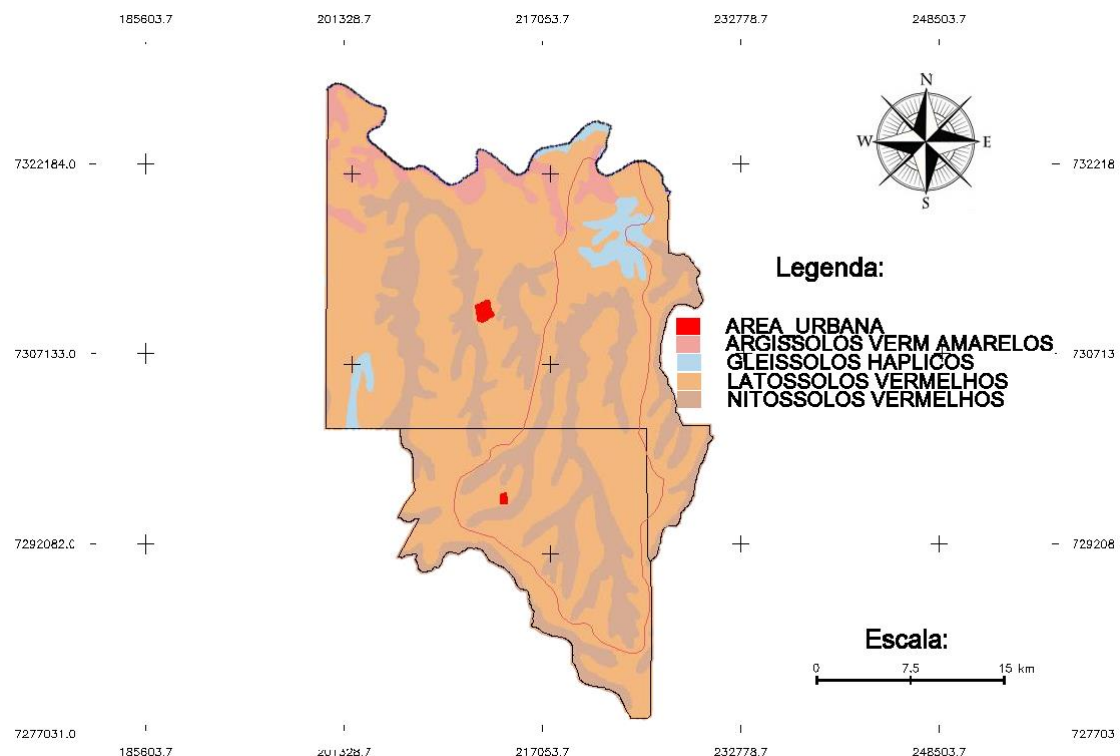
Os solos dos municípios de Maripá e Palotina de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2007), são predominantemente do tipo Latossolo Vermelho ao qual apresentam predominância de material mineral bastante intemperizado, com horizonte diagnóstico B latossólico. Este solo ainda apresenta uma alta fertilidade potencial se comparado aos demais solos encontrados, principalmente no que se diz respeito a quantidade de fósforo total e alguns micro nutrientes como Mn, Ni, Cu, Zu e Co, sendo o Mn, Zn e Cu essenciais para o desenvolvimento das plantas. (Ker 1998).

Em áreas próximas ao curso do rio Azul ocorre predominância dos nitossolos vermelhos ao qual são derivados de rochas básicas e ultrabásicas, ricas em minerais ferro-magnesianos, possuindo coloração vermelho escuro (Silva et.al., 2009)

Nas áreas mais planas ocorre predominância de Latossolos vermelhos, tendo como características grande profundidade sendo bem drenados e com baixa capacidade de troca de cátions tem como característica alta aptidão agrícola (Oliveira, 2005).

Na região da foz do rio temos machas de argissolos vermelho amarelos e gleissolos haplicos. A classe dos argissolos apresenta baixa saturação de bases, elevados teores de alumínio trocável, teores médios de matéria orgânica, não possuindo alta aptidão agrícola porem estes solos devidamente adubados e corrigidos poderão apresentar boa produtividade agrícola (Embrapa 2002). Já os gleissolos haplicos são solos minerais formados em condições de saturação com água, presentes principalmente em planícies ou várzeas inundáveis. Sua textura, variável de arenosa à argilosa, e sua fertilidade, variável de baixa à elevada, são bastante dependentes dos solos do seu entorno (IAC 2016).

Figura 04: Mapa de Classificação de solo segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

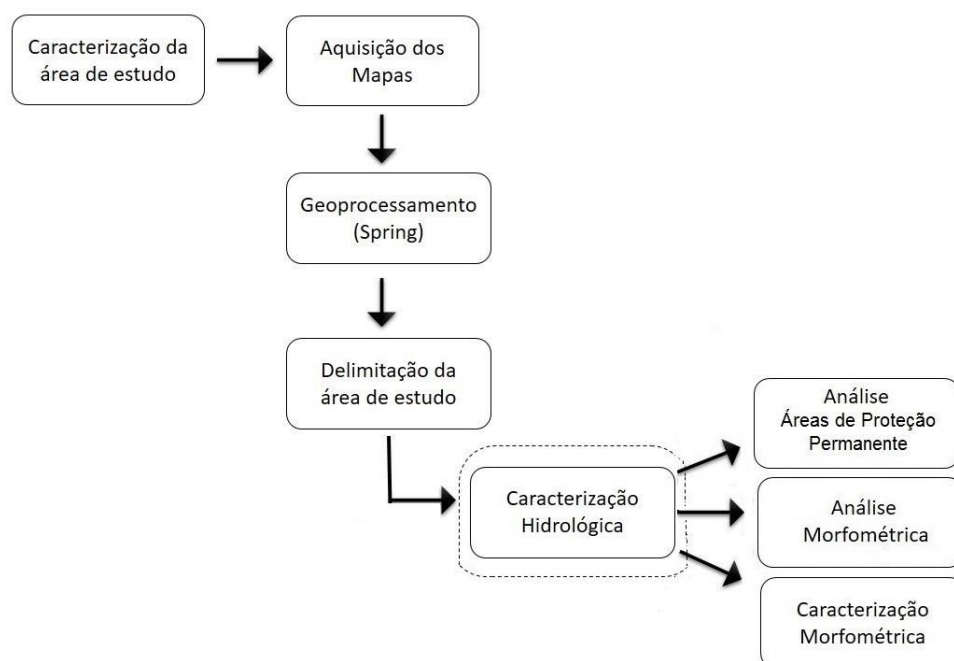


Fonte: Spring 5.3 – Banco De Dados Atlas 2008.

3.2 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA

Na Figura 05 é possível observar o fluxograma criado a partir da metodologia aplicada para o desenvolvimento deste trabalho, demonstrando de forma simplificada as etapas realizadas neste estudo.

Figura 05: Fluxograma da Metodologia



3.3 MATERIAIS COMPUTACIONAIS

3.3.1 SPRING

O programa S-PRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) é um software de domínio público brasileiro, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) de São José dos Campos (SP), disponível para download no site www.dpi.inpe.br/spring. Segundo Lopes (2009) o Spring consiste basicamente em um banco de dados geográficos de segunda

geração, que suporta um grande volume de dados vetoriais e matriciais, podendo ser operado até mesmo em microcomputadores, sem perder a identidade dos objetos ao longo do processamento. Devido a todas essas características e sua fácil aquisição, o Spring é considerado uma opção altamente atrativa para uso na área de geoprocessamento, sendo muito difundido no meio acadêmico.

3.3.2. TERRAVIEW

O software TerraView é um aplicativo construído sobre a biblioteca de geoprocessamento TerraLib, tendo como principal objetivo apresentar à comunidade um fácil visualizador de dados geográficos com recursos de consulta e análise destes dados. O TerraView manipula dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e matriciais (grades e imagens), ambos armazenados em SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) relacionais ou geo-relacionais de mercado, incluindo Access, PostgreSQL, MySQL e Oracle” (Inpe, 2016).

3.4 GEOPROCESSAMENTO

A seguir serão abordadas as etapas de geoprocessamento realizadas para hipsometria, curvas de nível, hidrografia, declividade, APP.

3.4.1 Tratamento Prévio dos Dados de Base

A utilização de um SIG (Sistema de Informações Geográficas) para efetuar o mapeamento de áreas requer o tratamento prévio de camadas de informações geográficas, contendo os dados de interesse.

Para a análise da paisagem utilizaram-se imagens do sistema de satélites RapidEye, disponível no site <http://geocatalogo.mma.gov.br/> estas possuem 5 m

de resolução espacial e cinco bandas espectrais; com data de passagem em junho de 2013. A escolha da imagem se deu pela necessidade de se obter precisão satisfatória em atendimento à escala de análise e, adicionalmente, por ser a imagem mais recente disponível no acervo.

Os procedimentos metodológicos constituíram-se na aplicação de diferentes rotinas de tratamento digital de imagem, conforme descritas em Novo (2008) e Jensen (2009), que podem ser sintetizadas em três principais etapas: Pré-processamento, Realce e Classificação.

3.4.2 Dados de Altimetria

Foram utilizados dados de altimetria obtidos através das imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)N que segundo Van (2001), é um projeto conjunto entre a NASA (Agência Espacial Norte-Americana), a NIMA (Agência de Imageamento e Mapeamento Norte-Americana), a DLR (Agência Espacial Alemã) e a ASI (Agência Espacial Italiana), cujo objetivo foi produzir dados digitais da topografia de 80% da superfície terrestre, entre 60°N e 57°S. Os dados SRTM foram coletados a cada 1 arco de segundo (aproximadamente 30 m) em uma grade de latitude/longitude (Rabus et al., 2003), com a técnica de interferometria por radar.

Com os dados SRTM foi possível criar um modelo digital do terreno, que segundo Burrough, (1986), é uma representação matemática da distribuição espacial da característica de um fenômeno vinculada a uma superfície real. No processo de modelagem numérica de terreno podemos distinguir três fases: aquisição dos dados, geração de grades e elaboração de produtos representando as informações obtidas.

Com o uso destas imagens foi possível extrair a área de drenagem, hidrografia, hipsometria, declividade, curvas de nível.

3.4.3 Delimitação da Área de Estudo

A área de estudo foi delimitada a partir de uma imagem orbital Rapideye com auxílio do software Spring sendo feita a delimitação manual da bacia a partir de curvas de nível obtidas com dados da imagem SRTM.

3.4.4 Delimitação Curvas de Nível

As curvas de nível foram geradas a partir da ferramenta Geração de Isolinhas, do software SPRING ao qual Segundo INPE (2016), isolinhas são curvas que unem entre si pontos da superfície que tenham o mesmo valor de cota. O significado do valor da cota depende da magnitude física da superfície que se pretende modelar.

Com a imagem SRTM previamente importada para dentro do PI foi utilizado a opção “**MNT > Geração de Isolinhas**”, gerando assim as curvas de nível.

3.4.5 Mapa de Declividade

Para se criar um mapa de declividade inicialmente foi criada uma Categoria do Modelo de Dados “MNT”.

A próxima etapa foi gerar a grade de declividade, para isso, na janela “Declividade” existem duas opções para se criar a grade, a primeira é em graus, onde o valor da declividade será dado em graus; a segunda opção é porcentagem, onde o valor de declividade será dado em porcentagem. Neste trabalho foi criada uma grade de declividade em porcentagem.

Para se criar um mapa de declividade é necessário saber quais serão os intervalos de declividade a ser utilizados no fatiamento e nas classes temáticas (legenda); portanto, é importante conhecer quais os valores mínimos e máximos

de declividade apresentados na grade criada, pois isso possibilitará estabelecer os intervalos de forma mais coerente.

Para a definição das classes, foram empregados intervalos variáveis, ao qual foram estabelecidas seguindo a metodologia de Ramalho & Beek (1995) e Oliveira (2007), elucidada na tabela 01.

Tabela 01: Classes de Declividade adaptada de Ramalho e Beek (1995) e Oliveira (2007)

Classes de Declividade (%)	Relevo
0-3	Relevo plano
3-8	Suave ondulado
8-20	Ondulado
20-45	Forte ondulado
45-75	Montanhoso
>75	Escarpado

3.4.6 Mapa Hipsométrico

Hipsometria é uma técnica de representação da elevação de um terreno através de cores. As cores utilizadas possuem uma equivalência com a elevação do terreno, (INPE, 2016). Para elaboração deste trabalho foi utilizado um sistema de graduação onde as cores frias (ex.: verde) representam uma baixa altitude enquanto as cores quentes (ex.: laranja, vermelho) representam uma alta altitude do relevo. As classes altimétricas serão criadas com os mesmos valores das isolinhas traçadas, de 20 em 20 metros.

Uma vez que foram criadas as classes temáticas, o próximo passo é realizar o Fatiamento, onde serão associadas as classes temáticas (cores) com a representação de altitude. Ao final a imagem foi convertida do formato matricial para vetor.

3.4.7 Hidrografia

O Terraview Políticas Sociais tem seu funcionamento dependente da existência de um banco de dados; caso este ainda não exista, o processo de criação de um, dentro do software, é relativamente simples, somente clicando no ícone “Banco de Dados”.

Para o presente projeto foi criado um novo banco de dados do tipo Access. A partir daí é preciso importar os dados vetoriais que compõem o mapa, somente clicando no ícone “Importar Dados”, que apresenta a seguinte caixa de diálogo. O método empregado foi o no sistema TerraHidro que, a partir do dado de altimetria GDEM, extraiu os fluxos locais, calculou a área de contribuição seguindo os caminhos definidos pelos fluxos locais, a definição da rede de drenagem

3.4.8. GERAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

3.4.8.1 Fundamentação Legal

A metodologia utilizada para execução do Mapeamento de Áreas Protegidas, em especial as Áreas de Preservação Permanente (APPs), foi baseada na Lei Federal N° 4.771, de 1965 que instituiu o Código Florestal Brasileiro e nas Resoluções CONAMA N° 04/1985 e Nos 302 e 303/2002. De acordo com os critérios estabelecidos na legislação, as áreas protegidas foram mapeadas seguindo metodologia específica para cada uma das classes descritas na Resolução CONAMA 303/2002, transcrita a seguir e conforme Oliveira et al., (2006):

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:
I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:
a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;
c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;
d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;
e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;
II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

Outra forma de unidade de conservação especificada no Artigo 1º, § 2º, Inciso III do Código Florestal, são as áreas de Reserva Legal (RL), definidas como a área localizada no interior de uma propriedade rural, excetuando-se as APPs, necessárias ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e à reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas; assim, com exceção da região compreendida pela floresta Amazônica e o bioma Cerrado, a título de RL, devem ser mantidos cobertos por vegetação natural no mínimo 20% da propriedade rural.

3.4.8.2 Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APP)

O mapeamento das APPs de margens de rios foi obtido por meio do mapa de distâncias da rede de drenagem, gerado com faixas de distância de 1,0m, que foi, posteriormente, fatiado com a distância de 30m (Buffer) em ambos os lados da drenagem, quando essa apresenta largura igual ou inferior a 10m.

O mapeamento das APPs de entorno de nascentes foi obtido de forma semelhante ao mapeamento das APPs de Margens de Rios, porém utilizando-se como dado de entrada para a geração do mapa de distância, em metros, um

plano de informação contendo somente os pontos correspondentes às nascentes. Desse plano de informações, foi gerado de forma análoga ao das margens, um mapa de distância com faixas de 1m a partir de cada ponto correspondente às nascentes, esse mapa foi fatiado com valor correspondente a 50m de raio a partir do ponto central, para produzir o mapeamento da classe de APP de Nascentes.

3.4.8.3 Mapa de Áreas de Preservação Permanente

Os dados obtidos individualmente no mapeamento das APP e vegetação ciliar foram, posteriormente, agrupados em um único plano de informação. Do agrupamento dessas classes num único plano de informações, obtém-se os dados da real situação das Áreas de Preservação Permanente, fato que ocorre sem que exista uma sobreposição de áreas, posteriormente as áreas são classificadas em “APP”, “Reserva Legal” e “APP Faltando”.

3.4.9 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental.

De acordo com Antoneli & Thomaz (2007) na caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica a combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais. Destaca-se também sua importância nos estudos sobre vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas. Todas as formulas usadas para execução deste trabalho se encontram na tabela 01.

Fator de forma (Kf): Relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão), podendo ser influenciada por algumas características, principalmente pela geologia. Podem atuar também sobre alguns processos hidrológicos ou sobre o comportamento hidrológico da bacia (Villela & Mattos 1975). O Kf pode ser calculado pela equação 01.

Índice de Compacidade (kc): Relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (Cardoso et al., 2006). Esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual a 1 (um) corresponderia a uma bacia circular e conseqüentemente mais suscetível a enchentes, já para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a um, não sendo suscetível a inundação podendo ser calculado na equação 02. (Villela & Mattos 1975):

Densidade de Drenagem (Dd): O sistema de drenagem é formado pelo rio principal e seus tributários ou afluentes e indica a maior ou menor ramificação da rede de drenagem na bacia hidrográfica, fornecendo uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (Cardoso et al., 2006).

Este parâmetro está relacionado com características geológicas, sendo que as bacias hidrográficas que possuem solos rochosos, que dificultam a infiltração, possuem maior potencial de gerar escoamento superficial, formando maior número de rios perenes e conseqüentemente maior densidade de drenagem.

O cálculo deste parâmetro é importante na caracterização morfométrica de bacias hidrográficas porque representa a relação inversa com o comprimento dos rios, tendo que à medida que aumenta o valor numérico da Densidade de drenagem, ocorre a diminuição quase que proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias. A equação deste parâmetro pode ser calculado pela formula 03.

Segundo França (1968) apud Rodrigues et al., (2013) classificou a densidade de drenagem em: baixa ($< 1,5 \text{ km/km}^2$), média ($1,5 \text{ a } 2,5 \text{ km/km}^2$), alta ($2,5 \text{ a } 3,0 \text{ km/km}^2$) e super alta ($> 3,0 \text{ km/km}^2$).

Densidade dos Rios (Dr): Relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia. Este índice expressa a grandeza da rede hidrográfica da bacia, indicando a capacidade de gerar novos cursos d'água (Christofolletti, 1969).

Conforme Silva et al., (2002), o sistema de drenagem de uma bacia pode ser facilmente alterado, bastando uma pequena mudança de gradiente de descarga do rio motivada, por exemplo, por pequenos ajustes neotectônicos e/ou a elevação súbita da descarga da bacia, em razão de enxurradas associadas ao desmatamento em grande escala, na montante da bacia, os quais podem levar à erosão basal das margens côncavas, até a formação de barras de sedimentos, nas margens convexas, a jusante. Para se determinar a densidade hidrográfica, foi utilizada a Equação 04.

Coeficiente de Manutenção (Cm): Outro importante parâmetro da qualidade da rede de drenagem de uma bacia é o Coeficiente de manutenção (Cm), calculado pela relação inversa da densidade de drenagem e que fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento (Schumm, 1956). Esse dado permite representar qual seria a área necessária para a manutenção de um metro de curso fluvial perene e pode ser calculado pela equação 05.

Amplitude Altimétrica (Hm): está relacionada com a diferença entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia, este valor indica a quantidade de energia potencial disponível para erodir o solo através das precipitações pluviais que caem sobre os pontos mais altos do terreno ao qual adquirirão maior energia cinética no seu percurso em direção às partes mais baixa Neste sentido, quanto maior for a amplitude da unidade de paisagem, maior será capacidade de erosão ou de morfogênese (Crepani, 2001).

Seguindo a metodologia de (Crepani, 2001), valores de amplitude altimétrica acima de 200 metros recebem nota 3,0 na escala de vulnerabilidade (tabela 2) e, portanto, as situações de maior vulnerabilidade; por outro lado, valores de amplitude altimétrica abaixo estão associados os menores valores da

escala de vulnerabilidade, que garantem uma situações de maior estabilidade das unidades de paisagem natural, onde prevalecem os processos pedogenéticos. A amplitude pode ser obtida pela equação 6.

Tabela 02. Valores de vulnerabilidade para a amplitude Altimétrica. Adaptado de Crepani (2001)

Amplitude Altimétrica	Instabilidade
141,5 - 151	2,4
151 - 160,5	2,5
160,5 - 170	2,6
> 200	3,0

Relação de Relevo (Rr): Segundo Nardini et al., (2013) através da razão de relevo é possível confrontar a altimetria de diferentes regiões, quanto maiores os valores, mais acidentado é o relevo na região conseqüentemente maior será o escoamento superficial direto da água das chuvas, o que acarreta em uma menor relação entre infiltração-deflúvio, promovendo maior risco de erosões. A razão de relevo designa o declive total ou declividade geral da microbacia (Strahler, 1957). A Rr pode ser calculada pela equação 07.

Segundo Piedade (1980) apud Pollo et al., (2012), a razão do relevo pode ser quantificada através dos seguintes valores: baixa entre 0,0 a 0,10; média entre 0,11 a 0,30; e alta entre 0,31 a 0,60.

Textura topográfica: O resultado obtido é útil para caracterizar a textura topográfica, que expressa maior ou menor espaçamento entre os cursos de água, considerada “grosseira” quando houver amplo espaçamento entre cursos e “fina” (Tabela 03) quando houver espaçamento estreito entre os mesmos (Silva et al., 2003), sendo dado pela Equação 8:

Tabela 03: Textura Topográfica (T): Classificação para interpretação de valores de textura topográfica (Adaptado: Christofletti, 1969)

Relação de Textura Média	Classe de Textura Topográfica
Menor que 0,4	Grosseira
Entre 0,4 e 10,0	Média
Maior que 10,0	Fina

Declividade Média da Bacia (H): Para a estimativa deste parâmetro da bacia hidrográfica, o autor Porto (1999) propõe que a declividade média do talvegue, é dada pela diferença de cota (altura altimétrica) em metros entre a exutória e o ponto mais alto e afastado da bacia, dividido pelo comprimento do canal entre esses pontos. (Equação 9) Quanto maior for a declividade, maior será a velocidade do escoamento por gravidade e conseqüentemente menor será o tempo de concentração da bacia hidrográfica em questão.

Índice de Rugosidade (Ir): O coeficiente de rugosidade é um método rápido na determinação do uso potencial das terras da bacia hidrográfica. O índice de rugosidade combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional dado pela Equação 10.

Para melhor aplicação do coeficiente de rugosidade foi aplicada a metodologia proposta por Rocha & Kurtz (2001), sendo enquadradas em quatro classes quanto maior for o valor do Ir, maior é a susceptibilidade de ocorrência de erosões dentro da área da bacia (Tabela 04).

Tabela 04: Classes de usos dos solos de acordo com o coeficiente de rugosidade. Adaptado Rocha e Kurtz (2001).

Coeficiente de rugosidade	Classe	Propensão da terra
1,09 - 10,63	A	Agricultura
10,43 - 20,18	B	Pastagens
20,19 - 29,73	C	Pastagens/Reflorestamento
29,74 - 39,28	D	Reflorestamento

Extensão do Percurso Superficial (Eps): Este fator representa a distância percorrida pela água de escoamento superficial desde o divisor até o canal de drenagem e tem uma relação direta com inclinação das vertentes, pois quanto maior a inclinação da vertente menor a distância percorrida pela água. A fórmula de cálculo foi extraída de Sousa (2012) e a metodologia é de Fournier apud Christofolletti (1980) e pode ser calculada pela equação 11.

Índice de Sinuosidade (Sin): Um aspecto importante a ser considerado no estudo de bacias hidrográficas é a sinuosidade dos cursos d'água que é representada pela relação do tamanho do rio principal pela distância vetorial, determina-se a sinuosidade do curso d'água, como um fator controlador da velocidade do escoamento em uma bacia hidrográfica, sendo obtido pela equação 12 e pode ser classificada segundo Mansikkaniemi (1970) em cinco classes (Tabela 05):

Tabela 05: Valores de vulnerabilidade para a amplitude Altimétrica Adaptado Mansikkaniemi (1970)

Classes	Proporção %
I – Muito Reto	< 20
II - Reto	20 – 29,9
III - Divagante	30 – 39,9
IV - Sinuoso	40 – 49,9
V – Muito Sinuoso	> 50

Quanto maior for o valor da sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo canal em seu caminho à foz, portanto menor será a velocidade de escoamento.

3.4.10 Tabela De Parâmetros Morfométricos

A tabela 6 abaixo foi confeccionada com o objetivo de elucidar os parâmetros utilizados na caracterização morfométrica da bacia, com seus respectivos símbolos, fórmulas, unidades em questão e referências.

Tabela 6. Principais parâmetros morfométricos avaliados

Numeração	Parâmetro	Fórmula	Unidade	Variáveis	Referência
Eq. 01	Fator de Forma (Kf)	$Kf = (A)/L^2$	-	A= Área da Bacia (Km ²); L= comprimento do Eixo (Km).	Horton (1945)
Eq. 02	Índice de Compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 P/\sqrt{A}$	-	P= Perímetro da bacia (km); A= Área da Bacia (Km ²).	Gravelius (1914) apud Wisler e Brater, 1964
Eq. 03	Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = \sum L/A$	Km/Km ²	$\sum L$ = Comprimento total dos canais (km); A= Área da Bacia (Km ²).	Horton (1945)
Eq. 04	Densidade dos Rios (Dr)	$Dr = N/A$	Km/Km ²	N= Número de nascentes; A= Área da Bacia (Km ²).	Horton (1945)
Eq. 05	Coeficiente de Manutenção (Cm)	$Cm = (1/Dd) \times 1000$	m ² .m ⁻¹	Dd= Densidade de drenagem (km Km ²).	Schumm (1956)
Eq. 06	Amplitude Altimétrica (Hm)	$Hm = Hmax - Hmin$	km	Hmax= Altitude do ponto mais alto do divisor topográfico (m); Hmin= Altitude da foz.	Christofolletti (1980)
Eq. 07	Relação de Relevô (Rr)	$Rr = Hm/Lh$	m	Hm= Amplitude altimétrica (m); Lh= comprimento da bacia.	Christofolletti (1980)
Eq. 08	Textura Topográfica (T)	$\log Tt = 0,219649 + 1,115 \log Dd$	-	Dd= densidade de drenagem (km km ²)	Smith (1950)

Numeração	Parâmetro	Fórmula	Unidade	Variáveis	Referência
Eq. 09	Declividade Média da Bacia (H)	$H = (\sum CNix\Delta h)/Ax100$	%	$\sum CNi$ = somatória do comprimento das curvas de Nível; ΔH = equidistância entre as cotas (km) A= Área da Bacia (Km ²).	Christofolletti (1980)
Eq. 10	Índice de Rugosidade (Ir)	$Ir = Hm \times Dd$	-	Hm= Declividade média; Dd= densidade de drenagem	Rocha & Kurtz (2001)
Eq. 11	Extensão do Percurso Superficial (Eps)	$Eps = 1/(2.Dd)$	m	Dd= densidade de drenagem	Christofolletti (1980)
Eq. 12	Índice de Sinuosidade (Sin)	$Sin = 100(L - Lr)/L$	%	L= comprimento do Eixo (Km); Lr= Comprimento vetorial (Km)	Mansikkaniemi (1970)

4 RESULTADOS E DISCUSÃO

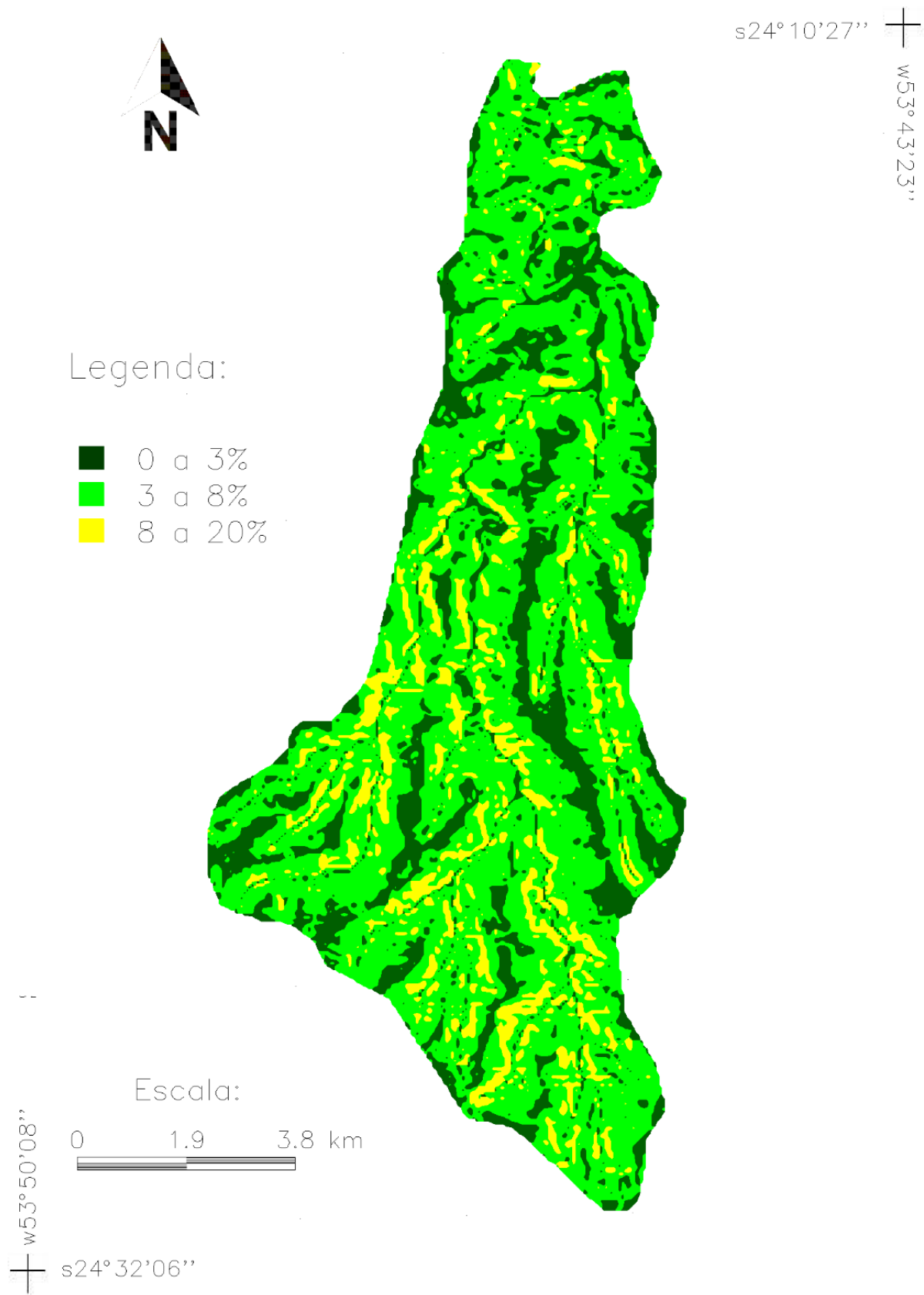
A bacia hidrográfica estudada apresentam em sua maioria um relevo suave ondulado (3-8 %), este relevo é responsável por 60% da área (Tabela 7). A área da bacia apresenta declividade média de 4,68%

Tabela 7. Distribuição das classes de declividade da bacia hidrográfica, adaptado Embrapa (1979)

Declividade (%)	Relevo	Área (Ha)	Área (%)
0-3	Plano	7994,28	23,66
3-8	Suave Ondulado	21901,3	64,84
8-20	Ondulado	3881,35	11,50

Segunda Embrapa (1979) este tipo de classificação é recomendado para o uso com agricultura intensiva, pois a baixa declividade gera um escoamento superficial de menor velocidade, o que permite maior infiltração das águas das chuvas, resultando em sistema hidrológico melhor regulado dentro da bacia conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 06: Mapa de declividade da Bacia do Rio Azul



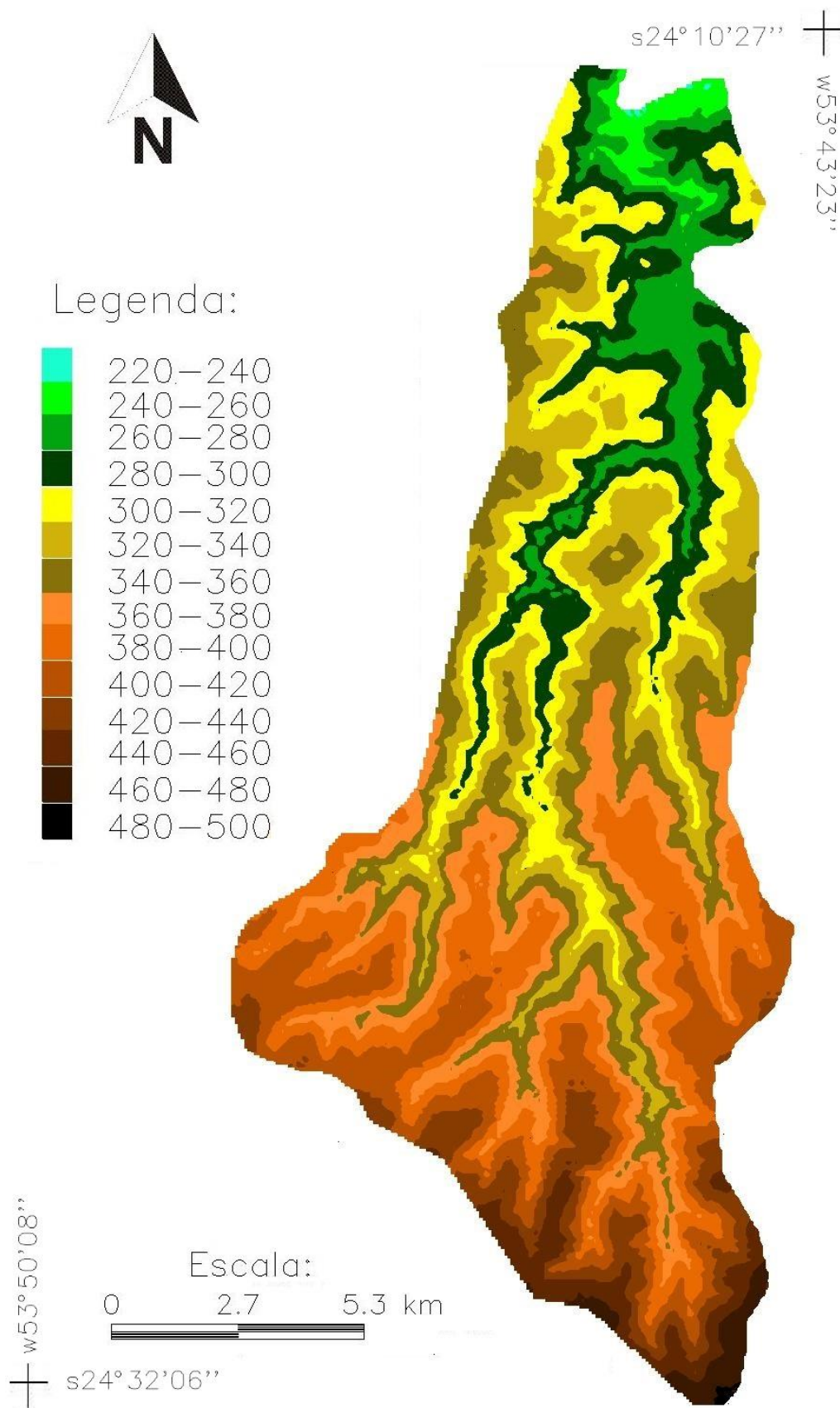
Fonte: Banco de dados (Spring 5.3)

Conforme análise hipsométrica a bacia do rio Azul, apresentam amplitude altimétrica de 220 a 483 m com predomínio das altitudes de 300 a 380 m que correspondem a 74,60% da área e totalizam 251,92Km². (Tabela 08).

Tabela 08. Distribuição das classes de altitude da bacia do rio Azul

Altitude (m)	Azul %
220-240	0,05
240-260	1,55
260-280	5,66
280-300	9,35
300-320	11,96
320-340	13,55
340-360	12,90
360-380	11,46
380-400	13,79
400-420	10,94
420-440	4,89
440-460	2,66
460-480	1,17
480-500	0,07
Total	100%

O mapa hipsométrico permite uma melhor avaliação do comportamento do relevo, e os limites da bacia hidrográfica. As cores mais frias caracterizam-se por ter menores valores de hipsometria, e conseqüentemente, apresenta maior propensão à acumulação do fluxo (Figura 7).

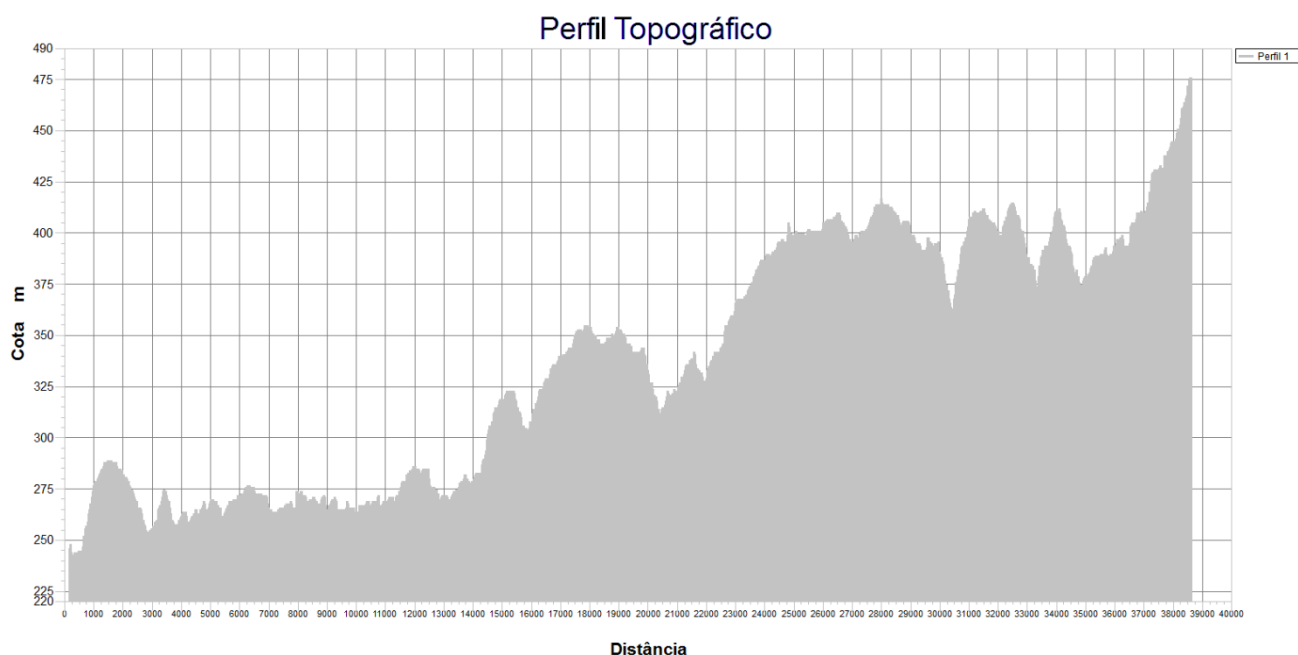
Figura 07: Mapa Hipsométrico da bacia do Rio Azul

Fonte: Banco de dados (Spring 5.3)

A análise hipsométrica junto com outros estudos como as dimensões e características hidrológicas das bacias permite uma abordagem mais objetiva de aspectos geomorfológicos subjetivos das bacias de drenagem (Asp et al., 2009).

As formas do relevo foram exemplificadas por um perfil topográfico da bacia em sua porção mais representativa (Figura 8). No perfil topográfico constata-se uma amplitude de 226m em uma extensão de 38.596m.

Figura 08: Perfil Topográfico da bacia do Rio Azul



Fonte: Banco de dados (Spring 5.3)

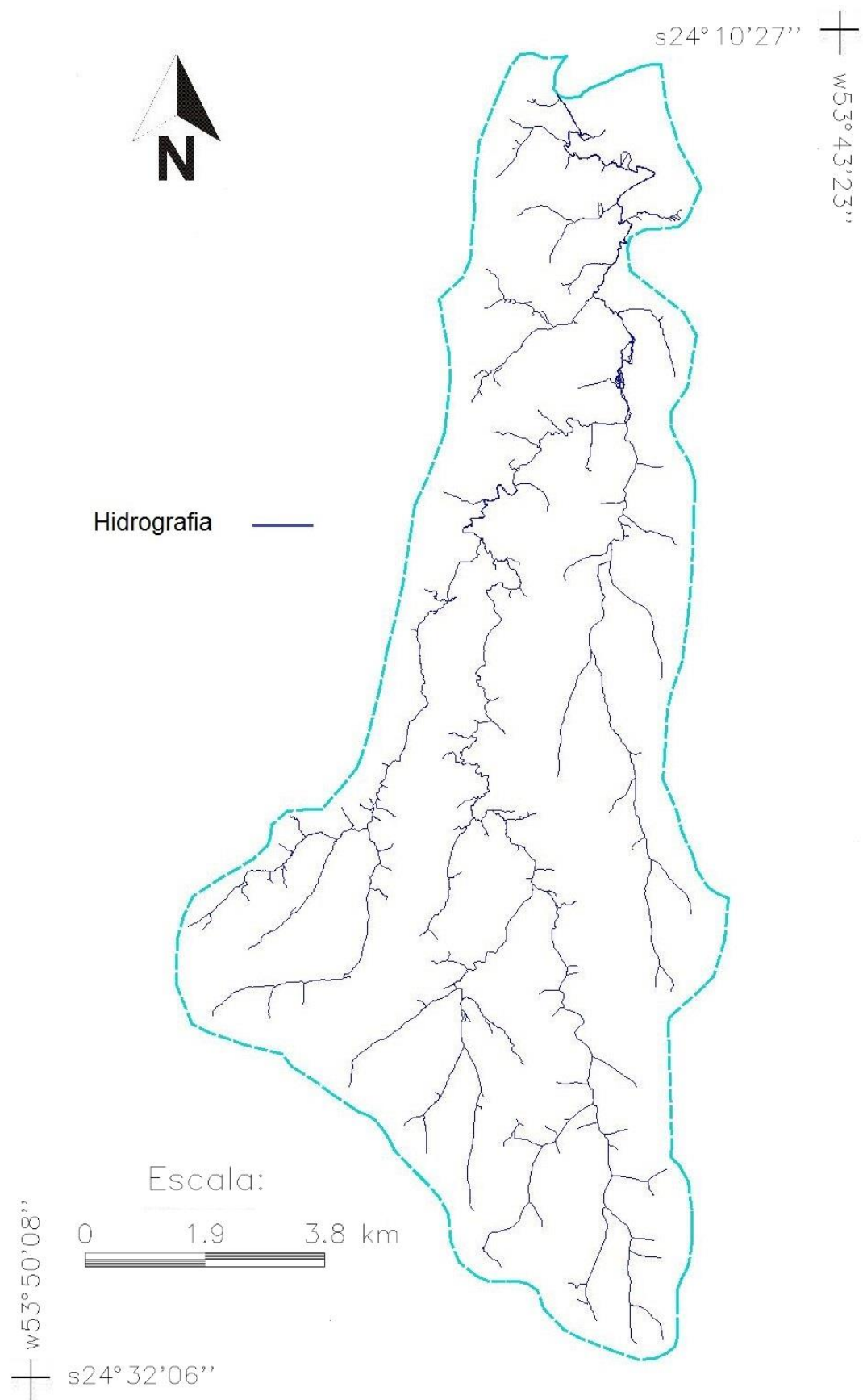
De acordo com Castro Jr. (2001), em altitudes elevadas, a temperatura é baixa, e apenas pequena quantidade de energia é utilizada para evaporar a água, ao passo que, em altitudes baixas, quase toda a energia absorvida é usada para evaporação da água. As altitudes elevadas tendem a receber maior quantidade de precipitação, além da perda de água ser menor. Nessas regiões, a precipitação normalmente excede a evapotranspiração, ocasionando um suprimento de água que mantém o abastecimento regular dos aquíferos responsáveis pelas nascentes dos cursos d'água.

Com o auxílio da ferramenta operações métricas do software Spring 5.3 se obteve o valor da área de drenagem da bacia do Rio Azul, totalizando 337,701 km², ao qual possui um perímetro de 101,37 Km. Desses valores, a bacia possui dentro do município de Palotina área de 156,53 km² ocupando 46,35% das terras

do município, enquanto no município de Maripá a área é de 181,17 km² com aproximadamente 53,65% do território.

O canal principal do rio Azul possui 62,62 km, com um gradiente de 0,37%, a bacia estudada apresenta aproximadamente 321 canais, com uma extensão total de 326,09 km de malhas hidrográficas. A hidrografia está representado pela figura 10.

Figura 09: Mapa Hidrográfico da Bacia do Rio Azul.



Fonte: Banco de dados (Spring 5.3)

Os principais resultados dos parâmetros e variáveis morfométricos determinados para cada uma das bacias estudadas estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Características morfométricas das bacias hidrográficas

Parâmetros	Bacia
	Azul
Fator de Forma (Kf)	0,23
Índice de Compacidade (Kc)	1,54
Densidade de Drenagem (Dd)	0,97
Densidade dos Rios (Dr)	0,87
Coeficiente de Manutenção (Cm)	1,03
Amplitude Altimétrica (Hm)	238
Relação de Relevo (Rr)	6,18
Textura Topográfica (T)	1,73
Declividade Média da Bacia (H)	4,68
Índice de Rugosidade (Ir)	4,50
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	520
Índice de Sinuosidade (Sin)	38,5

Os resultados apresentados na Tabela 7, evidenciaram que as bacia estudada apresentam valores próximos a zero para o Fator de Forma ($K_f = 0,23$) considerado um valor baixo, pois segundo Gandolfi (1971) bacias suscetíveis à enchente, de formas circulares, têm seus valores iguais ou acima da unidade 1. Para índice de compacidade acima de ($K_c = 1,54$) que indica a forma alongada da bacia, apresentando assim, menor possibilidade de enchentes rápidas em condições normais de precipitação. Conseqüentemente as bacias alongadas apresentam menor possibilidade de ocorrências de chuvas intensas cobrindo todas suas áreas ao mesmo tempo, o que diminui a possibilidade de inundação.

Mattos Jr. (2010) ao analisar os resultados morfométricos da bacia do Ribeirão Turvão - MG, onde encontrou valores de K_c e K_f iguais a 1,76 e 0,21, respectivamente, concluiu que há uma indicação de que a bacia não possui

forma circular, portanto, uma tendência de forma alongada por isso não é suscetível a enchentes em condições normais de precipitação.

A densidade de drenagem da bacia foi de $0,97 \text{ Km}^2$, o que segundo Segundo França (1968) apud Rodrigues et al., (2013) indica baixa densidade de drenagem, com relevo pouco declivoso possuindo solos profundos e baixo escoamento superficial, exceto nas áreas próximas a foz, onde o relevo apresenta vertentes curtas e declivosas o que possibilita inferir que o solo da bacia no geral é permeável e a infiltração da água ocorre de forma eficiente. Em comparação com o trabalho realizado por Ribeiro et al., (2015), na bacia do igarapé do Una no município de Belém do Pará, está se enquadra na faixa de densidade de drenagem mediana por apresentar valor de $0,94 \text{ Km/Km}^2$. Acredita-se que a densidade de drenagem verificada para esta bacia é reflexo da presença de um relevo predominantemente plano, cuja condição de alta permeabilidade do solo permite rapidez de infiltração de água e consequente formação de lençóis aquíferos, estando pouco sujeita a cheias e erosões fortes.

No tocante de ordem, proposta por Strahler (1952) a bacia do rio Azul é de 5º ordem fluvial, indicando apresentar certa complexidade hidrológica pois quanto mais ramificada for a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem.

A amplitude altimétrica (Hm) encontrada foi de 2,3 metros de máxima, onde na escala de vulnerabilidade proposta por Crepani, (2001) podendo ser consideradas como bacia com baixa vulnerabilidade ambiental.

A razão de relevo (Rr) encontrada foi de $6,18 \text{ m Km}^2$, que segundo Piedade (1980) apud Pollo et al., (2012) classifica a Rr da bacia como sendo baixa. Este parâmetro determina a maior ou menor velocidade de escoamento da água na bacia, no caso da bacia estudada esta possuem uma menor velocidade de escoamento superficial, tendo como consequência, uma melhor infiltração de água no solo. Segundo Carvalho & Neto (2012), amplitude altimétrica e relação de relevo definem, em parte, a velocidade de escoamento. Quanto menores forem os valores, mais lento é o escoamento, aumentando o acúmulo de água no interior da bacia. No entanto, ao mesmo tempo em que baixos declives permitem uma prevalência maior das águas, também favorece, consequentemente, a infiltração e evaporação.

O Índice de rugosidade (I_r) encontrado foi de 4,50 na bacia. Assim classificando o solo das bacias como classe A, a terra é propícia a atividades de agricultura segundo classificação proposta por Rocha & Kurtz (2001). Apesar do coeficiente de rugosidade pré-determinar a atividade a ser desenvolvida como sendo agricultura, Cabe ressaltar, que o coeficiente de rugosidade não leva em conta o tipo de solo, vegetação, culturas, e meramente a densidade de drenagem e declividades média, o que não reflete desta forma, a realidade potencial de ocupação de uma bacia (Oliveira et al., 2013)

Para a extensão do percurso superficial (Eps) o valor encontrado para o rio Azul foi respectivamente de 520m. Santos & Sousa (2013) ao analisar os aspectos morfométricos da bacia do córrego tamanduá em Iporá-GO encontraram um valor de Eps de 530 metros ao qual consideraram um valor mediano, onde o escoamento e infiltração estão em equilíbrio segundo a metodologia proposta por Sousa & Rodrigues (2012), que definiram uma escala de intensidade para os mesmos.

O coeficiente de manutenção (C_m) tem o objetivo de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, o C_m apresentou resultado de $1,030\text{Km}^2$, ou seja pouco de 1 canal por Km^2 , relacionando com a densidade de rios demonstra que para um quilômetro quadrado existem $0,87\text{ km/km}^2$ de canal.

Com relação a sinuosidade, a bacia do rio Azul apresenta um valor que a segundo Mansikkaniemi (1970) o classifica como divagante (38,5%), ou seja, classe intermediária entre as classes de canal reto a sinuoso. Quanto maior o índice, menor a velocidade do escoamento e, conseqüentemente menor a influência nas enchentes a jusante e maior a retenção de água.

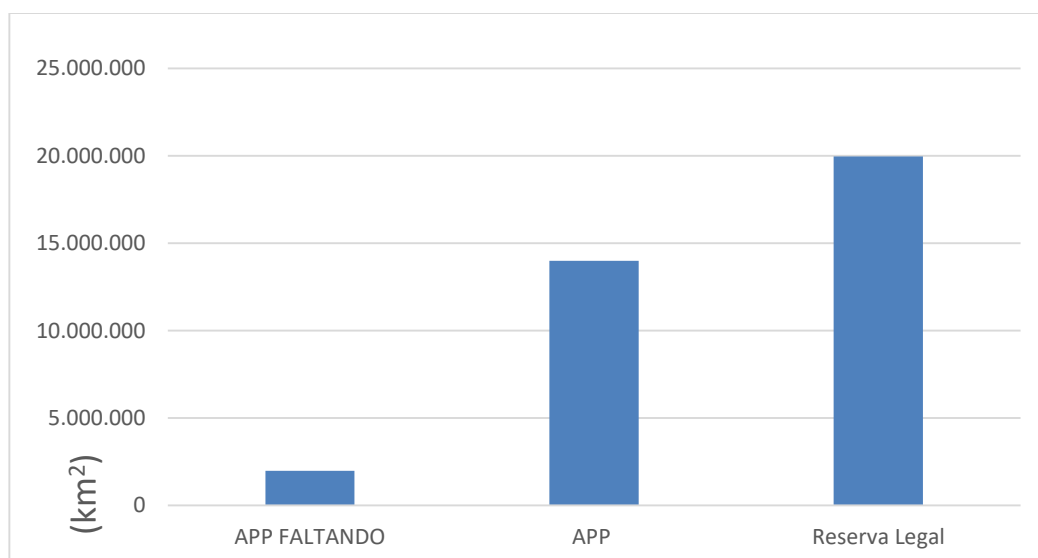
A bacia do Rio Azul de acordo com a metodologia proposta por Christofolletti (1969), possui textura topográfica grosseira ($T_t = 1,73$), pois a mesma possui o maior espaçamento entre os canais da bacia, indicando um relevo com poucos recortes. “A textura topográfica (T_t) de uma bacia hidrográfica representa o seu grau de dissecação. Estudiosos em geomorfologia têm aplicado a T_t como indicador do estágio de erosão de uma região, do ponto de vista geológico (Santos & Lima 2009)”

As áreas de preservação permanente e seu mapeamento são importantes para o diagnóstico ambiental, e para também o planejamento da recuperação das áreas de proteção dos mananciais hídricos.

Na relação das áreas totais de preservação permanente no seu total representam uma área de 15.981,04 Km², sendo que 13.996,64 Km², estão de acordo com a legislação vigente, ou seja, 87,58% sendo que apenas 1.984,40 Km² (12,42%) não se encontram em conformidade. Silva (2015) encontrou para o município de Sete Lagoas MG, dos 148,8894 Km² (27,7% da área do município de Sete Lagoas) dentro da nova legislação ambiental vigente, lei 12.651, de 25 de maio de 2012, 116,758 Km² (78,4% da área total de APPs) são ocupados por vegetação natural, e os restantes 32,131 Km² caracterizam o déficit de 21,6%, que deve ser recuperado para cumprir sua verdadeira função dentro do ecossistema natural, tanto no ambiente urbano quanto na zona rural

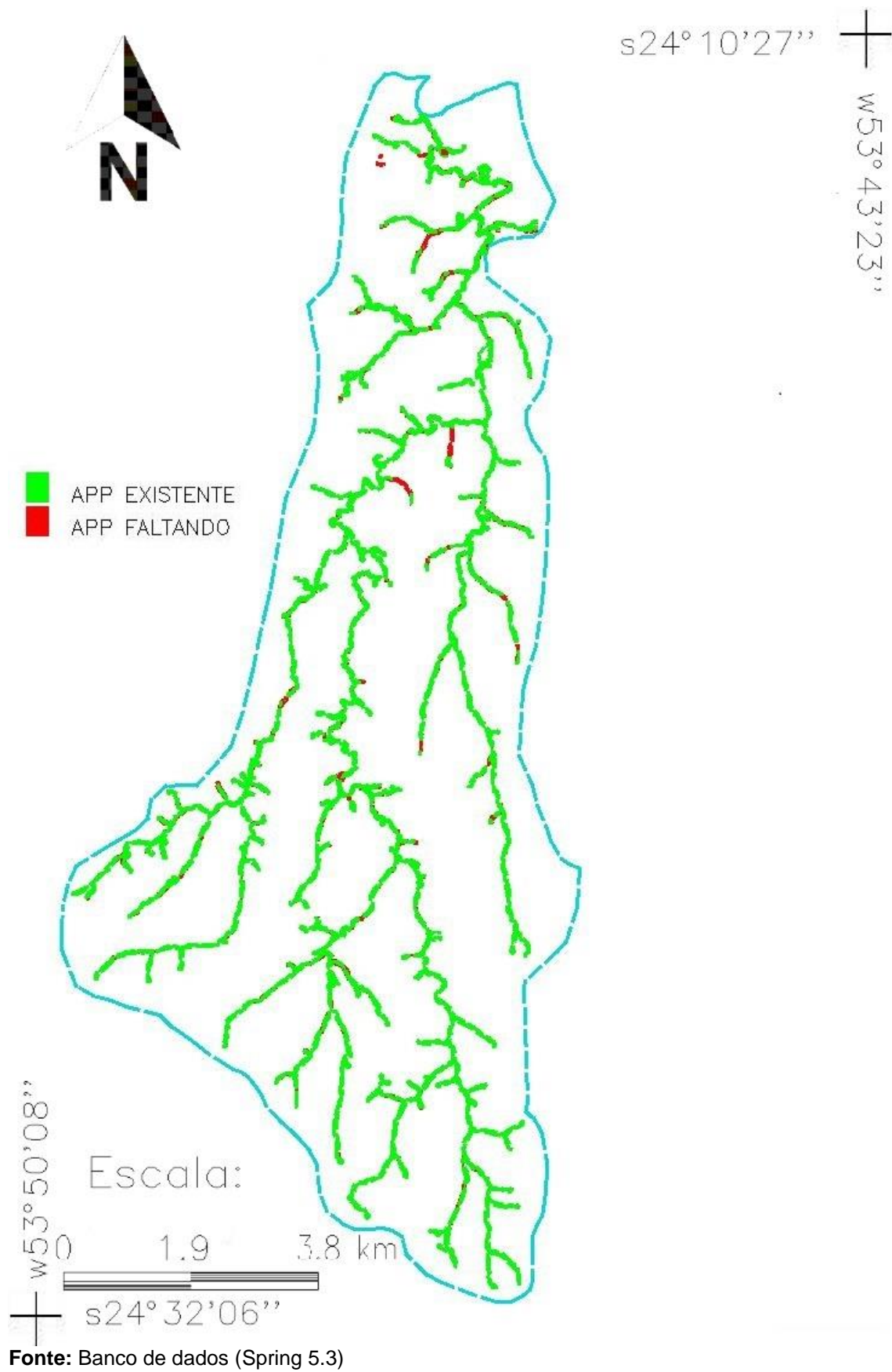
As áreas de APP existentes representam 4,14% do território da bacia hidrográfica, os 12,42% que se encontram em descumprimento com a legislação representam 0,58% da área total da bacia.

GRÁFICO 01: QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE



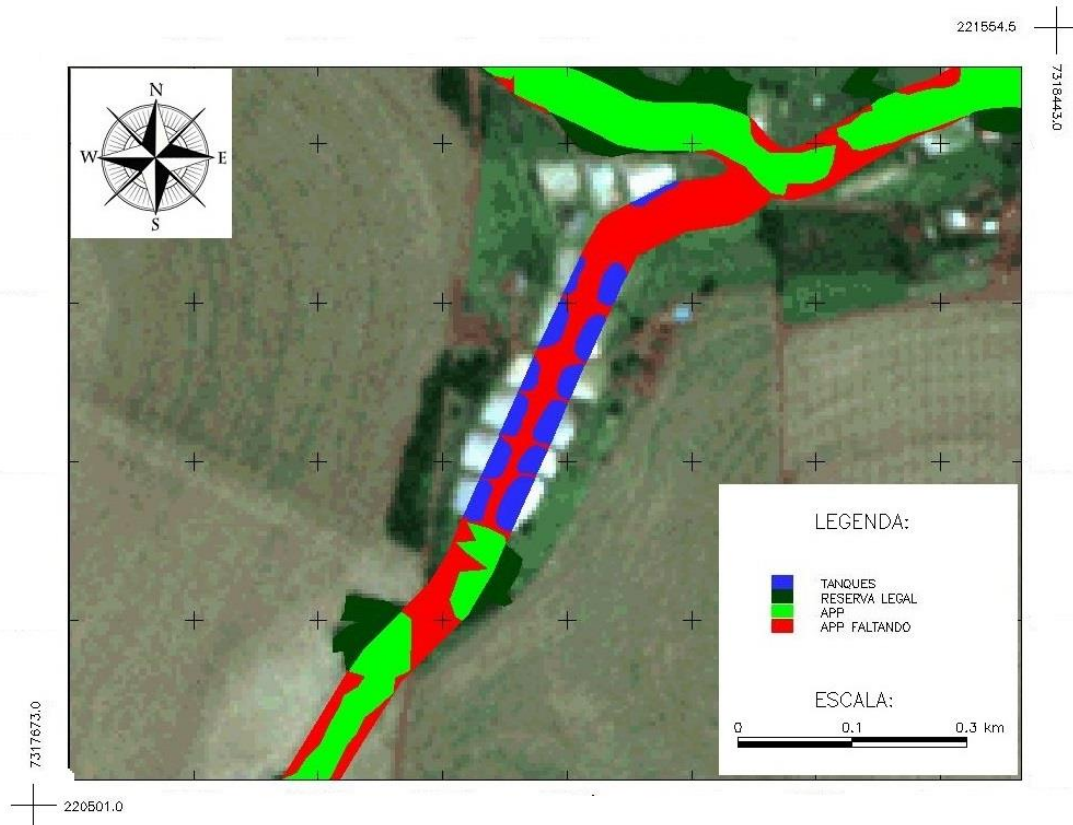
FONTE: O autor (2016)

Figura 10: Mapa das Áreas de Preservação Permanente da Bacia do Rio Azul.



As transformações antrópicas geradas na área de estudo ocasionaram irregularidades na mesma. Um bom exemplo disso pode ser mostrado na Figura 11, nela verifica-se tanques de piscicultura dentro dos 30m previstos.

Figura 11: Tanques irregulares construídos dentro da APP.



Fonte: Banco de dados (Spring 5.3)

Do ponto de vista da ecologia da paisagem, as APPs ao longo dos cursos d'água podem ser caracterizadas como corredores de mata ripária, cuja manutenção integral desempenha um papel fundamental na prevenção da erosão do solo e na manutenção da boa qualidade da água, que pode servir tanto para uso da população humana quanto para os sistemas de irrigação agrícola. Além disso, está bem documentado na literatura que a vegetação ao longo de cursos d'água atua na estabilidade das margens, no controle do fluxo de água, regula a quantidade de luz e temperatura nos corpos d'água adjacentes, e providencia habitat adequado para a biota aquática na forma de detritos de granulação fina ou mais grosseira (Dean, 1995; Collinge, 1996).

A quantidade de Reserva Legal encontrada dentro da bacia foi de aproximadamente 19.953,437 km², estas áreas são interessantes pois segundo Valente & Gomes (2005), as RLs favorecem o controle natural de pragas pela manutenção de maior diversidade de habitats e atuam como barreiras na disseminação de doenças. Contribuem, também, para melhor disponibilidade hídrica e na retenção de umidade, reduzindo os efeitos provocados por estiagens.

5 CONCLUSÕES

O conhecimento das características morfométricas e quantificação das áreas de APP, de uma determinada bacia hidrográfica é de fundamental importância para a aplicação e interpretação geomorfológica. Estas podem ser utilizadas no planejamento territorial, principalmente no que se refere aos usos da terra, haja vista, a estreita relação dos diferenciados níveis de declividades, densidade de drenagem, classes hidrográficas entre outros com a ocupação territorial.

O trabalho evidencia que para uma análise e diagnóstico completo e detalhado seriam necessárias escalas maiores e um número maior de informações. Porém as informações obtidas neste trabalho são de grande valia, para subsidiar o planejamento de estudos e levantamentos futuros na área.

De uma forma geral foi possível com uma técnica simples e de baixo custo, gerar informações que possibilitam subsidiar o planejamento de futuras ações.

REFERÊNCIAS

- ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. **Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista**. Revista Caminhos da Geografia, v. (n.21), p.46-58, 2007.
- ASP, N. E., SIEGLE E., SCHETTINI C. A.F., LOSSO, A.P., KLEIN, A. H. F., **Geology and hypsometry of river basins at central-northern Santa Catarina (Brazil): implications for the coastal zone** Quaternary and Environmental Geosciences (2009) 01(2):98-108
- BURROUGH P.A. (1986) **Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment**, em "Monographs on Soil And Resources Survey", n. 12, Oxford: Clarendon Press.
- BRUBACHER, J.P.; OLIVEIRA, G.G.; GUASSELLI, L.A. **Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011, p. 1863-1870. DVD. ISBN: 978-85-17-00057-7.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ**. Revista Árvore, Viçosa, v. 30, n.2, p. 241-248, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S010067622006000200011>>. Acesso em 09 Out. 2016
- CARELLI, L.; LOPES, P. P. **Caracterização fisiográfica da bacia Olhos D'água em Feira de Santana/BA**: Geoprocessamento aplicado à análise ambiental. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 43-54, 2011.
- CARVALHO, K. F. NETO, R. M. **Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá (juiz de fora, mg) como subsídio à investigação de riscos a inundações: resultados preliminares**. Revista Geonorte, Edição Especial, V.2, N.4, p.138 – 149, 2012.
- CASTRO JR., E. **O papel da fauna endopedônica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície**. 2001. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H. OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2001, Disponível em: <<http://iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>> .Acesso em: 01 dezembro 2016
- CHRISTOFOLETTI, A., 1969. **Análise morfométricas das bacias hidrográficas**. Notícia geomorfológica, Campinas 9(18):35-64.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blucher, 1980 ITCG CLIMA. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Climas_A3.pdf>. Acesso em 05 Out. 2016.

COLLINGE, S.K. **Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning**. Landscape and Urban Planning, 1996., 36:59-77.

CREPANI, E. [et al.]. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento-Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

DEAN, W. 1995. With **Broadax and Firebrand: the destruction of the Brazilian Atlantic Forest**. University of California Press, Berkeley, CA. 482pp.

EMBRAPA. **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. 2002. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região Sudeste do Estado do Paraná (áreas 4, 5 e 6)** / Pedro Jorge Fasolo... [et al.]. - Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2002. 143 p. - (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 13)

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. Brasília: EMBRAPA, 2007. p.412

FERREIRA, R. G.; MOURA, M. C. O.; CASTRO, F. S. **Caracterização morfométrica da sub-bacia do ribeirão Panquinhas, ES**. Enciclopédia Biosfera, v. 8, n. 15, p. 2247-2256, 2012

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

GANDOLFI, N.. **Investigações sedimentológicas, morfométricas e físico-químicas nas bacias do Mogi-Guaçu, do Ribeira de Iguape e do Peixe**. Boletim de Geologia – EESC/USP, 1971 v.14, p.1-108.

HORTON, R.E. **Erosional development of streams their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Bulletin of the Geological Society of America, Colorado (EUA), 1945 v.56, p.275 – 370.

IAPAR **Classificação climática, segundo Köppen**, 1998

IBGE **Dados censo Palotina 2016** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=411790>> acessado 05 de dezembro de 2016

GUERRA, A. J. T.; Cunha, S. B. da (orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

IAC INSTITUTO AGRONÔMICO; **Solos do Estado de São Paulo**; 2016 <Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/Gleissolos.pdf>> Acesso em 21 Out. 2016

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TerraView versão 3.1.2**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: 2006. <Disponível em: <http://dpi.inpe.br/terraview>> Acesso em 12 Nov. 2016

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução da 2ed. São José dos Campos: Parêntese. 2009.

LOPES, Eymar S. S., **SPRING Básico: tutorial 10 aulas – SPRING 5.1**. INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ago2009.

MANSIKKANIEMI, H. 1970. **The sinuosity of rivers in northern Finland**: Publicationes Instituti Geographici Universitatis Turkuensis, 52 :16-32.

MATTOS JR., L. C. S.: **Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Turvão, Ervália, (MG): Uma Análise Morfométrica**. VIÇOSA, MG. 2010.

MINEROPAR Minerais do Paraná S.A. **Geoquímica de solo – Horizonte B: Relatório final de projeto**. Curitiba: Mineropar, 2005. 2 vol

MINEROPAR - **Atlas geomorfológico** 2006. Disponível em <<http://www.mineropar.pr.gov.br>>. Acesso em 18 nov 2016.

NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G. **Análise Morfométrica e Simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma Microbacia Hidrográfica**. Irriga, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 363p. 2008.

OLIVEIRA, I. S., BATISTA, G. T., CATELANI, C. S **Minicurso: Área de Preservação Permanente (APP)**. In: ENCONTRO ÁGUA & FLORESTA, 7-9 nov. 2006, Taubaté. Repositório Eletrônico Ciências Agrárias. Taubaté: UNITAU, 2006. 78p (Coleção Ciências Florestais). Disponível em <<http://hdl.handle.net/2315/66>> Acesso em 29 mar 2016)

OLIVEIRA, J. B. DE. **Pedologia aplicada**. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, 2005, 574p.:il.

OLIVEIRA, L. F. C., CALIL, P, M., RODRIGUES, C., KLIEMANN H J., OLIVEIRA., V, A., **Potencial do uso dos solos da bacia hidrográfica do alto**

rio Meia Ponte, Goiás Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 8, n.1, 2013.

OLIVEIRA, V. A. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323p.

POLLO, R. A.; BARROS, B. S. X.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; RODRIGUES, V. A. **Caracterización morfométrica de la cuenca del Arroyo Agua da Lucia, Botucatu-SP**. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 163-174, 2012.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. Universidade de São Paulo, São Paulo: 4ª edição, 1999.

KER, J.C. **Latossolos do Brasil: Uma revisão**. Geonomos, 5:17-40, 1998.

RABUS, B., EINEDER, M., ROTH, A., et al., **“The Shuttle Radar Topography Mission – A new class of digital elevation models acquired by spaceborne radarSPRS”**, Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, n. 57, pp. 241 – 262, 2003.

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

RIBEIRO, E., G., P., FERREIRA, B., M., MACIEL, M., N., M., PEREIRA, B., W., F., SOARES, J., A., C., **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé do una por meio de geotecnologias**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 2015

ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4. ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 2001. 120 p.

ROLIM, C.F.C. **O Paraná urbano e o Paraná do agrobusiness: as dificuldades para a formulação de um projeto político**. Revista Paranaense de Desenvolvimento, Curitiba: IPARDES, N.86, set./dez.1995, pp.49-99.

RODRIGUES, V. A.; CARDOSO, L. G.; POLLO, R. A.; RE, D. S.; PISSARRA, T. C. T.; VALLE JUNIOR, R. F. **Análise morfométrica da microbacia do Ribeirão das Araras-SP**. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, Garça, v. 21, n. 1, p. 25-37, 2013.

SANTOS, E. F., SOUSA, F. A. **Aspectos morfométricos da bacia do córrego tamanduá em iporá-go** ACTA Geográfica, Boa Vista, v.7, n.15, mai./ago. de 2013. pp.191-199.

SANTOS, G. O., HERNANDEZ, F.B.T. **Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, c. 17 n.1, p60-68

SANTOS, J. M., LIMA, K. C **Análise da rede de drenagem em bacias hidrográficas tropicais: bacia do Riacho Grande - Bahia/Brasil** Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Volume VI, APGEOM, Braga, 2009, p. 77-82

SCHUMM, S. A. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy.** Geological Society of America Bulletin, n.67, p. 597-646, 1956.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E. CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos: Rima, 2003.

SILVA F. A. L., **Cálculo do Déficit de Mata nas Áreas de Preservação Permanente no Município de Sete Lagoas, MG, de Acordo com o Novo Código Florestal – UFSJ, Sete Lagoas, Mato Grosso do Sul.** 2015.

SILVA L. Emer A. A, Bortolini C. E., Arruda, J., H. **Estudo De Um Nitossolo Vermelho Com Evidencia De Carater Coeso Da Região Sudoeste Do Paraná - UTFPR Pato Branco** 2009

SILVA, L. G. T.; SILVA, B. N. R. da; RODRIGUES, T. E. **Análise fisiográfica das várzeas do baixo Tocantins: uma contribuição ao manejo e desenvolvimento dos sistemas de uso da terra.** Belém, PA: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2002. 34 p. (Documentos, 149)

SMITH, K.G. **Standards for grading texture of erosional topography.** American Journal of Science, New Haven, v.248, p.655-668, 1950.

SOUZA. C.G. et al. **Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas.** Belo Horizonte: EMATER, 2002.

SOUSA, F. A. de; RODRIGUES, S. C. **Aspectos morfométricos da alta bacia do rio dos Bois em Iporá-GO.** Mercator, v. 11, n . 25, p. 141-151, mai./ago. 2012.

STRAHLER, A.N. **Hypsometric (area-altitude) Analysis and erosional topography.** Geological Society of America Bulletin, v. 63, p.1117-1142, 1952.

STRAHLER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorfology.** Transactions of the American Geophysical Union. Washington, v.38, p.913-920, 1957.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceira.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 210p.

VAN ZYL, J. J., **“The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography”**, Acta Astronautica, v. 48, n. 5 – 12, pp. 559 – 565, 2001.

VELOSO, H. P.; RANGEL, F., A. L., R. & Lima, J. C. A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGRAWHill do Brasil, 1975. 245p

WISLER, C.O.; BRATER, E.F. **Hidrologia**. Tradução e publicação de Missão Norte-Americana pela Cooperação Econômica e Técnica no Brasil. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A. 1964