

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

**DANIELI CRISTINA CASSULI**

**CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA BACIA DO RIO MATHIAS  
ALMADA, EM FOZ DO IGUAÇU-PR**

**MEDIANEIRA  
2018**

DANIELI CRISTINA CASSULI



**CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA BACIA DO RIO MATHIAS  
ALMADA, EM FOZ DO IGUAÇU-PR**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios - Polo UAB do Município de Foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra Carla Adriana Pizarro Schmidt

EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA

MEDIANEIRA

2018



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Características fisiográficas da bacia do rio Mathias Almada, em Foz do Iguaçu-PR

Por

**Danieli Cristina Cassuli**

Esta monografia foi apresentada às 16h30min do dia 09 de agosto de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios - Polo de Foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(orientadora)

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Marcia Antônia Bartolomeu Agustini  
UTFPR – Câmpus Medianeira

---

Prof. Dr. Fábio Orssatto  
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

Aos meus pais, esposo e filha pela compreensão, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

A minha orientadora professora Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

*“Poucos rios, surgem de grandes nascentes,  
mas muitos crescem recolhendo filetes de  
água”. (Ovídio)*

## RESUMO

CASSULI, Danieli Cristina. Características fisiográficas da bacia do rio Mathias Almada em Foz do Iguaçu. 2018. 42. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Levantar as características morfométricas de uma bacia hidrográfica é indispensável para a realização de estudos hidrológicos e/ou ambientais, pois, permite relacionar suas características físicas e naturais com as ações antrópicas e seus impactos no ambiente. A bacia hidrográfica do rio Mathias Almada localiza-se no município de Foz do Iguaçu e integra a Bacia do Paraná III na região Oeste do estado do Paraná. Sucessivos eventos de enchentes são registrados para além das margens do curso principal do rio Mathias Almada em seu trecho urbano. Com o objetivo de investigar a propensão natural a enchentes no trecho urbano da bacia do rio Mathias Almada foi realizada a caracterização morfométrica. Por meio da carta topográfica do município de Foz do Iguaçu (escala 1:50.000), foram calculados os parâmetros morfométricos referentes às características métricas de forma, padrão de drenagem e hierarquia hidrográfica, densidade da drenagem, densidade de cursos d'água, coeficiente de manutenção e sinuosidade dos canais, além de aspectos do relevo, como a declividade e a hipsometria e o índice de rugosidade. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento aplicadas dentro do programa "QGIS" e equações propostas para os fatores morfométricos. Verificou-se que a bacia tem baixa suscetibilidade natural às enchentes, pois apresenta forma próxima a de um quadrado, comprimento alongado, associado ao relevo com declividade fraca e boa drenagem. Neste contexto, a ocorrência de enchentes na área urbana da bacia está diretamente relacionada às ações antrópicas de uso e ocupação do solo inadequados.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica, atributos morfométricos, enchentes.

## ABSTRACT

CASSULI, Danieli Cristina . Fiphografic characteristics of Mathias Almada river basin at Foz do Iguaçu, Paraná. 2018. 42. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Set up the morphometric characteristics of a river basin is vital to perform the hydrological and environmental studies. It allows us to connect its physical and natural characteristics with anthropic activities and their impacts on the environment. The Mathias Almada River Basin is located in the city of Foz do Iguaçu and it is part of the Paraná III basin on west side of Paraná State. Successive floods are registered beyond the natural boundaries of Mathias Almada river in its urban course. In order to investigate the natural tendency of floods in Mathias Almada river urban course, the morphometric characterization of the basin was done. By means of the topographic map of Foz do Iguaçu city (scale of 1:50.000), the calculations were made on the morphometric parameters related to the metric forms characteristics, drainage pattern and hydrographic hierarchy, drainage density, waterways density, sinuosity and maintenance coefficient of the channels, in addition to the landscape aspects like the declivity and hypsometry and the roughness index. Techniques of geoprocessing inside the "QGIS" software were used and also equations proposed for the morphometric factors. It was found that the basin has low natural susceptibility to floods because it nearly has a square form, a long lenght associated to the relief with weak declivity and a good drainage. In this context, the occurrence of the floods on the river urban course is directly related to the anthropic actions of inappropriate land use.

**Keywords:** River basin, morphometric attributes, floods.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Área
BPIII	Bacia do Paraná III
Cfa	Clima temperado úmido com verão quente
Cm	Coeficiente de manutenção
Dd	Densidade da drenagem
Ds	Densidade dos cursos d'água
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRATUR	Instituto Brasileiro de Turismo
ETE	Estação de tratamento de esgoto
FIPE	Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
Ic	Índice de circularidade
ICO	Índice entre o comprimento e a área da bacia
Ir	Índice de rugosidade
Kc	Índice de compacidade
Kf	Índice de conformação
L	Comprimento Axial
P	Perímetro
N	Número total de canais
Re	Razão de alongação
Rr	Razão de relevo
SIN	Sinuosidade dos cursos d'água
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
T	Soma total do comprimento dos canais
$\Delta$ HB	Amplitude altimetria



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Índice Kc e propensão a enchentes segundo Silva; Mello (2008 .....	16
Quadro 2 – Valores de Kf e propensão a enchentes segundo Silva; Mello (2008) ...	17
Figura 1 - Exemplo de hierarquia fluvial segundo Horton (A) Sthahler (B) e Shreve (C). .....	20
Quadro 3 - Classes do índice de sinuosidade do curso d'água segundo Lira et al. (2012).....	22
Figura 2 – Localização geográfica da bacia do rio Mathias Almada.....	24
Quadro 4 - Parâmetros e equações para determinar as características morfométricas das bacias hidrográficas.....	27
Tabela 1 - Classificação do relevo em relação às classes de declividade conforme EMBRAPA (1979). .....	28
Tabela 2 - Características morfométricas da bacia do rio Mathias Almada.....	29
Tabela 3 - Características Morfométricas Relacionadas ao Fator Forma e a Rede de Drenagem.....	29
Figura 3 – Declividade na bacia do rio Mathias Almada conforme EMBRAPA, 1979. .....	32
Figura 4 – Hipsometria da bacia do rio Mathias Almada.....	32
Figura 5 – Mapa de uso e ocupação do solo na bacia do rio Mathias Almada. ....	35

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
2.1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO .....	11
2.1.1 ANÁLISE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	14
2.1.1.1 Área (A) .....	15
2.1.1.2 Forma da Bacia Hidrográfica .....	15
2.1.1.3 Declividade da Bacia Hidrográfica .....	17
2.1.1.4 Densidade de Cursos D'água (Ds) .....	18
2.1.1.5 Densidade da Drenagem (Dd).....	18
2.1.1.6 Hierarquia Fluvial .....	19
2.1.1.7 Relação de Bifurcação (Rb) .....	21
2.1.1.8 Sinuosidade do Curso D'Água (SIN) .....	21
2.1.9 Razão de Relevo (Rr) e Índice de Rugosidade .....	22
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>24</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.2 Material, procedimentos e técnicas .....	26
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), na forma da Lei 9433/1997, marcou o contexto da legislação sobre os recursos hídricos como um instrumento moderno e inovador para a gestão dos mesmos. Nessa lei, marcada pela gestão descentralizada, fica muito claro que a água é um recurso natural limitado e que possui valor econômico e de domínio público, além de instituir a bacia hidrográfica como unidade de estudos para planejamento e gestão (BRASIL, 1997).

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica está diretamente relacionado com suas características morfométricas ou fisiográfica (são sinônimas). Dessa forma, compreende-se que as interações existentes entre as características morfométricas e os processos hidrológicos de uma bacia devem ser expressos em termos quantitativos, por intermédio de dados fisiográficos (LIMA, 2000). Os dados fisiográficos são todos aqueles que podem ser obtidos por meio de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite (PORTO et al., 1999; TEODORO et al., 2007).

Caracterizar morfometricamente uma bacia é um dos primeiros e mais comuns procedimentos realizados em análises hidrológicas e/ou ambientais. A partir de tais características, é possível compreender os fenômenos passados, avaliar os impactos oriundos das ações antrópicas, na fase de escoamento superficial da água, e encontrar relações com a vazão, para compreensão da dinâmica ambiental local e regional.

As técnicas de geoprocessamento são bastante utilizadas para a obtenção e avaliação de diversos parâmetros e índices morfométricos de bacias hidrográficas, pois, ferramentas importantes na manipulação e análise das mais diversas características (PARETA; PARETA, 2011).

Assim, a proposta deste trabalho foi levantar e analisar as características fisiográficas da bacia (Índice de compactidade, índice de conformação, razão de alongação, índice de circularidade, índice entre o comprimento e a área da bacia, densidade da drenagem, densidade dos cursos d'água, relação de bifurcação, sinuosidade de cursos d'água, coeficiente de manutenção, amplitude altimétrica, razão de relevo e índice de rugosidade) do rio Mathias Almada e seus reflexos nos processos hidrológicos, buscando a relação entre as características naturais da bacia e uma provável suscetibilidade natural a enchentes.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO

O solo, a água e o ar são fundamentais para a sobrevivência de todos os seres vivos na superfície terrestre. Ao longo da história humana, a disponibilidade desses recursos para o exercício sustentável das atividades humanas vem sendo reduzida (BRADY, 2013).

A degradação dos recursos naturais ocorre geralmente pela má gestão e mau uso, acarretando a deterioração do ambiente e, por consequência: o assoreamento; a poluição dos recursos hídricos; prejuízos à saúde humana e animal; dificuldades na geração de energia; dificuldades na disponibilidade de água para irrigação e para o abastecimento; redução da produtividade agrícola; diminuição da renda e, conseqüentemente, no empobrecimento rural e danos à economia nacional (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

A fim de minimizar os impactos ambientais decorrentes da deterioração dos recursos naturais, a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e coloca a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação de princípios e normas para a gestão e planejamento de recursos hídricos, adotando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de estudo (BRASIL, 1997).

A bacia hidrográfica pode ser tomada como unidade para o planejamento e gestão, pois, viabiliza a localização e a quantificação dos fluxos de água que proporcionam a compreensão dos processos geomorfológicos que agem nas transformações do relevo, sob as diversas condições de geologia e clima. Os fluxos superficiais e subsuperficiais que ocorrem na bacia hidrográfica definem os mecanismos erosivos e deposicionais resultantes da interação de fatores bióticos, abióticos e antrópicos. Alterações nestes fatores causam modificações na dinâmica espaço temporal dos processos hídricos e, conseqüentemente, no trabalho geomorfológico (SANTANA, 2003; BOTELHO, 1999) que, em algumas situações, são caracterizadas como impactos considerados indesejáveis.

Os impactos não acontecem isoladamente em uma bacia hidrográfica. Derivam da relação de efeitos dos usos de água e solo e resultam em efeitos socioambientais indesejáveis (TUCCI, 2006).

Estudos sistêmicos indicam que a bacia hidrográfica torna-se a unidade geográfica apropriada para o planejamento, pois adota como norteadores a força gravitacional, a sustentabilidade do sistema hídrico, a questão social, econômica, política e as emergências ambientais. Sua percepção como subsistema contribui para interpretação da realidade, possibilitando analisar o comportamento energético e funcional do ambiente sob diversas situações derivadas de decisões políticas públicas e/ou privadas. Possibilita, também, o controle da quantidade e da qualidade da água, a observação sanitária e o uso econômico do seu espaço, como por exemplo, a produção de alimentos e o cumprimento de leis ambientais em um mesmo sistema ambiental, que permite a interação direta entre os organizadores, os produtores e os consumidores locais (CAMPOS, 2010).

Ao longo do tempo, diversos conceitos de bacia hidrográfica foram desenvolvidos. O conceito amplamente difundido coloca que se entende por bacia hidrográfica o conjunto de canais de escoamento inter-relacionados, ou seja, a área drenada por um rio ou por um sistema fluvial, limitado pelo divisor de águas (CHRISTOFOLETTI, 1980). Corresponde a um sistema que compreende um volume de materiais, geralmente líquidos ou sólidos, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do abastecimento de água da atmosfera, influi no fluxo de matéria e energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais (RODRIGUES; ADAMI, 2005).

Embora haja concordância sobre o conceito de bacia hidrográfica, o mesmo não ocorre quando são abordados os conceitos de microbacia e sub-bacia hidrográfica. Os conceitos apresentam abordagens que abrangem desde fatores físicos a ecológicos (TEODORO et al., 2007).

As bacias hidrográficas podem apresentar diferentes tamanhos, podendo apresentar milhões de quilômetros quadrados ou mesmo alguns metros quadrados. Com diferentes dimensões, as bacias hidrográficas articulam-se a partir de divisores de água e drenam em direção a um canal, tronco ou coletor principal, compondo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado. Desse modo, as bacias podem ser desmembradas em qualquer número de sub-bacias, sendo os termos bacia e sub-bacia hidrográfica, relativos (SANTANA, 2003). Portanto, os conceitos de bacia e sub-

bacia hidrográfica estão relacionados à ordem hierárquica dentro de uma determinada malha hídrica (SOUZA; FERNANDES, 2000).

Segundo Souza e Fernandes (2000), abordagens de planejamento e de gestão por meio da bacia hidrográfica são mais ajustadas para a união da produção com a preservação ambiental, por se tratar de unidades geográficas naturais que integram características biogeofísicas e sociais locais.

Faustino (1996) coloca que uma bacia hidrográfica é formada por sub-bacias, que direcionam sua drenagem para o curso principal. As sub-bacias possuem área compreendida entre 100 Km<sup>2</sup> e 700 Km<sup>2</sup>. Por sua vez, as sub-bacias são formadas por microbacias, com toda área de drenagem direta ao curso principal da sub-bacia. As microbacias possuem área inferior a 100 Km<sup>2</sup>.

Conforme Cecílio e Reis (2006), a microbacia pode ser compreendida como uma sub-bacia de área reduzida, não havendo acordo sobre a área máxima desta unidade, variando entre 10 e 20.000 ha.

Para Bertoni e Lombardi Neto (2014), a microbacia hidrográfica é denominada como a unidade mínima dentro do sistema hidrológico, sendo que, para fins conservacionistas, deverá ter uma área variável de 10 a 50 Km<sup>2</sup>. É entendida como uma área fisiográfica drenada por um curso d'água ou por um sistema de cursos conectados e que fluem, direta ou indiretamente, para um leito ou para um espelho d'água, formando uma unidade ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido.

Do ponto de vista hidrológico, Lima e Zakia (2000) afirmam que as bacias hidrográficas podem ser classificadas em grandes ou pequenas, desconsiderando a área total e observando os efeitos dos fatores dominantes na geração de deflúvio. Deste modo, definem por microbacia aquelas cuja área é tão pequena que, as chuvas de alta intensidade e os diferentes usos do solo, as alterações na qualidade e quantidade da água de deflúvio, são verificadas com maior facilidade do que em grandes bacias.

Quando o objetivo do estudo é o manejo de bacias hidrográficas, este deve ser iniciado, de preferência, naquelas de menor área (SANTANA, 2003), pois, apresentam escala espacial que representa um elo entre a escala micro, (onde as práticas de manejo são implantadas nas propriedades rurais) e a escala macro da paisagem (onde são geradas as normas, a legislação e a política ambiental). Assim, são úteis para avaliar as imposições vindas da escala macro e a implementação de práticas de

manejo no campo, na escala micro. Essa avaliação se dá por meio de indicadores sistêmicos ou de processos de manejo sustentável, levando em conta os elementos sociais e ambientais para a contínua adequação do manejo agrícola (ATTANASIO, 2004).

Os problemas se manifestam, inicialmente, em nível local, pois os moradores do local são, ao mesmo tempo, causadores e vítimas de boa parte dos problemas e tem interesse em resolvê-los (SOUZA; FERNANDES, 2000). Segundo Bertoni; Lombardi Neto (2014, p. 334) são objetivos dos trabalhos em bacias hidrográficas:

a) manejar adequadamente os recursos naturais renováveis, principalmente solo e água; b) incrementar a produção e a produtividade agro-silvo-pastoris; c) diminuir os riscos de secas e inundações; d) reduzir os processos de degradação do solo, principalmente a erosão; e) garantir uma maior disponibilidade e a maior qualidade de água para usos múltiplos; f) estimular o planejamento, a organização e a comercialização da produção municipal, sobretudo dos alimentos básicos; g) racionalizar os recursos materiais, financeiros e de pessoal em âmbito federal, estadual e municipal, compatibilizando e otimizando sua utilização; h) incentivar a organização associativa dos produtores rurais, visando à solução de seus problemas comuns; i) maximizar as rendas municipais e comunitárias, através da minimização de cursos de gerenciamento, de administração, de manutenção de estradas, de obras de arte, de controle da poluição, etc.; j) promover ações comunitárias visando à obtenção de benefícios nas áreas de produção, de comercialização, de saúde, de educação, de transporte, de comunicação, etc.; k) propiciar novas alternativas de exploração econômica à comunidade rural; l) participar do processo de fixação da mão-de-obra no campo.

Para conhecer as reais potencialidades e limitações de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, faz-se necessário o levantamento de dados das características físicas, como clima, geologia, relevo, solos, rede de drenagem e vegetação. No caso de planejamento ambiental em bacias com área relativamente pequena é necessário um levantamento detalhado destas características. Este levantamento, em geral, não costuma existir. Então é necessário ser produzido para garantir um nível de investigação ou detalhamento equilibrado entre as variáveis (BOTELHO, 1999).

### 2.1.1 ANÁLISE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica está diretamente relacionado com suas características fisiográficas. Para melhor compreender as interações existentes na bacia hidrográfica, entre as características fisiográficas e os

processos hidrológicos é indispensável que sejam expressas em termos quantitativos (LIMA, 2000).

Caracterizar uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos realizados em análises hidrológicas ou ambientais. A partir das características fisiográficas, é possível compreender os fenômenos passados, avaliar os impactos das ações antrópicas na fase de escoamento superficial da água e encontrar relações com a vazão, para compreensão da dinâmica ambiental local e regional. Os dados fisiográficos são todos aqueles que podem ser obtidos por meio de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite (TEODORO *et al.*, 2007; PORTO *et al.*, 1999).

Os fatores físicos mais importantes para caracterizar uma bacia hidrográfica são: a área, o uso do solo, o tipo de solo, a forma, a declividade da bacia, a declividade do curso d'água, a forma da rede de drenagem e a densidade de drenagem (TUCCI, 2002; PORTO *et al.*, 1999).

Conhecer as características de uma bacia hidrográfica contribui para diagnosticar os problemas e para apresentar soluções aplicáveis à área, definindo uma sequência com prioridades na gestão e elaboração de um plano de ação, que possibilite aliar ocupação e preservação.

#### 2.1.1.1 Área (A)

A área da bacia hidrográfica é compreendida como toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial projetada em plano horizontal expressa em quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>) ou hectares (ha). É importante para definir a potencialidade hídrica da bacia hidrográfica, pois, o seu valor, multiplicado pela lâmina de chuva, define o volume de água recebido pela bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para defini-la pode-se utilizar técnicas de planimetragem direta de mapas, com métodos geométricos de determinação de área de figura irregular, por meio da utilização de papel milimetrado ou recursos de aplicativos de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), quando se trabalha com planta digitalizada (TUCCI, 2002).

#### 2.1.1.2 Forma da Bacia Hidrográfica



Para obter os índices necessários para caracterizar a forma da bacia, indica-se calcular os índices de compacidade e conformação. Estes influenciam no escoamento superficial e, conseqüentemente, no hidrograma resultante de determinada chuva (PORTO *et al.*, 1999).

Calcula-se o índice de compacidade ( $K_c$ ) utilizando a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo hipotético de área igual à área de drenagem da mesma. Este índice é adimensional e varia com a forma da bacia, não estando relacionado com seu tamanho (TUCCI, 2002).

Quanto mais próximo do valor um (1) for o resultado de  $K_c$ , maior a propensão da bacia hidrográfica a grandes cheias, como resultado do direcionamento do escoamento superficial, em um pequeno espaço de tempo, para um pequeno trecho do rio principal, causando o acúmulo de fluxo (CARVALHO; SILVA, 2006).

Na Quadro 1 observa-se a classificação das bacias hidrográficas conforme o  $K_c$  que apresentam, segundo Silva; Mello (2008)

Valor de $K_c$	Propensão a enchentes
$1,00 \leq K_c < 1,25$	Bacia com alta propensão a grandes enchentes;
$1,25 \leq K_c < 1,50$	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes;
$K_c \geq 1,50$	Bacias não sujeitas a grandes enchentes.

**Quadro 1 - Índice  $K_c$  e propensão a enchentes segundo Silva; Mello (2008)**

Fonte: Silva e Mello (2008)

A tendência para enchentes também é indicada pelo índice de conformação ( $K_f$ ). Este compara a área da bacia hidrográfica com a área de um quadrado de lado igual ao comprimento axial (comprimento do rio desconsiderando-se os meandros) (PORTO *et al.*, 1999).

Quando a bacia apresenta o valor de  $K_f$  baixo significa que está menos sujeita a ocorrência de enchentes, independente da área que possui, pois, é estreita e longa. Isso acontece, pois, é menor a possibilidade de uma chuva intensa cobrir toda sua extensão e a contribuição dos afluentes chega ao rio principal em vários pontos, em tempos diferentes, o que não ocorre na bacia circular, onde o deflúvio concentra-se em um único ponto (VILELLA; MATTOS, 1975).

Na Quadro 2 constam os indicativos de propensão à enchente relacionados aos Tvalores de  $K_f$  da bacia segundo Silva; Mello (2008).

Valores de $K_f$	Propensão a enchentes
$K_f \geq 0,75$	Bacia sujeita a enchentes

$0,75 < K_f < 0,50$	Bacia com tendência mediana a enchentes;
$K_f \leq 0,50$	Bacia não sujeita a enchentes.

Quadro 2 – Valores de  $K_f$  e propensão a enchentes segundo Silva; Mello (2008)

Fonte: Silva; Mello, 2008

Outros índices que contribuem para a compreensão do fator forma são: a razão de alongação ( $Re$ ), o índice de circularidade ( $Ic$ ) e o índice entre o comprimento e a área da bacia ( $ICO$ ).

A razão de alongação ( $Re$ ) evidencia a relação entre o diâmetro do círculo de área igual a da bacia e seu eixo. Com este índice é possível verificar a suscetibilidade da bacia a enchentes, tomando como referência a forma da bacia. Quanto maior for o valor encontrado para  $Re$ , mais a forma da bacia aproxima-se a de um círculo e, maior a suscetibilidade de ocorrência de enchentes. Quando os valores de  $Re$  são menores estão associados à forma mais alongada e menos suscetível a enchentes (MOSCA, 2003).

O índice de circularidade ( $Ic$ ) relaciona a área total da drenagem e a área de um círculo de perímetro igual ao da bacia hidrográfica. Ao comparar o valor encontrado de  $Ic$  entre bacias hidrográficas, verifica-se que aquelas que possuem formas próximas a de um círculo estão mais propensas à ocorrência de enchentes, como consequência do aumento de água no canal principal (MILLER, 1953).

Valores de  $Ic$  próximos a um (1) indicam que a bacia possui forma próxima a de um círculo. Valores menores que 0,51 indicam que a bacia é alongada, o que favorece o processo de escoamento (MOSCA, 2003).

Ao dividir o diâmetro da bacia pela raiz quadrada da área, tem-se o índice entre o comprimento e a área da bacia ( $ICO$ ). Este índice é utilizado para descrever e interpretar a forma e o processo de alargamento ou alongamento da bacia hidrográfica. Quando o valor encontrado para  $ICO$  for próximo a um (1), a bacia apresenta forma igual a um quadrado; quanto maior este valor, mais alongada será a bacia (EPAGRI, 1997).

### 2.1.1.3 Declividade da Bacia Hidrográfica

A declividade tem relação direta e complexa com a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo e a contribuição de água subterrânea ao escoamento

do curso d'água. A declividade está relacionada ao tempo do escoamento superficial, tendo ligação com a magnitude da enchente (PORTO *et al.*, 1999).

Quanto mais íngreme for o terreno na bacia hidrográfica, maior a velocidade do escoamento superficial; o tempo de concentração será menor e, por consequência, os picos de enchente maiores. A declividade da bacia controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, bem como, os processos de erosão e infiltração no solo (BORSATO; MARTONI, 2004).

#### 2.1.1.4 Densidade de Cursos D'água (Ds)

Consiste na relação entre o número de cursos d'água e a área total da bacia hidrográfica, sendo incluídos os rios perenes e intermitentes. A finalidade deste cálculo é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão, como o quilômetro quadrado.

A obtenção desse índice é importante, pois, representa o comportamento hidrográfico de determinada área, principalmente, quanto à capacidade de gerar novos cursos de água (CHRISTOFOLETTI, 1980; PORTO *et al.*, 1999).

Uma bacia é considerada bem drenada, quando possui um canal fluvial a cada quilômetro quadrado (MARCUSO *et al.*, 2012).

#### 2.1.1.5 Densidade da Drenagem (Dd)

Este fator fisiográfico correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento (efêmeros, intermitentes e perenes), com a área total da bacia hidrográfica. Esta característica indica a eficiência da drenagem da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A densidade da drenagem varia inversamente proporcional a extensão do escoamento superficial. Assim, uma baixa densidade de drenagem denota uma maior área de contribuição e o deflúvio demora mais para atingir os rios (GARCEZ, 1974).

Os resultados dos cálculos de densidade da drenagem, quando a apresentam como alta, sugerem uma bacia altamente dissecada ou drenada que responde

rapidamente a uma determinada quantidade de chuva. Quando baixa, demonstra comportamento de uma bacia de drenagem pobre com respostas hidrológicas lentas (PORTO *et al.*, 1999).

Esta característica reflete as condições topográficas, pedológicas, hidrológicas e de vegetação de uma bacia. Solos mais resistentes à erosão, ou muito permeáveis, onde o relevo é suave tendem a apresentar densidades de drenagem baixa. Em solos mais suscetíveis a erosão ou de menor permeabilidade, cujas declividades se apresentam altas e com tendência a cobertura de vegetação esparsa, são encontrados valores altos para densidade de drenagem (VILELLA; MATTOS, 1975).

Segundo Garbossa (2003), para algumas bacias pequenas, uma densidade de drenagem mais alta pode ser comparada com taxas de sedimentos também elevadas.

Carvalho; Silva (2006) classificam a bacia hidrográfica de acordo com os valores de Dd, da seguinte forma:

- a) Bacias com drenagem pobre  $\rightarrow Dd < 0,5 \text{ km/km}^2$
- b) Bacias com drenagem regular  $\rightarrow 0,5 \leq Dd < 1,5 \text{ km/km}^2$
- c) Bacias com drenagem boa  $\rightarrow 1,5 \leq Dd < 2,5 \text{ km/km}^2$
- d) Bacias com drenagem muito boa  $\rightarrow 2,5 \leq Dd < 3,5 \text{ km/km}^2$
- e) Bacias excepcionalmente bem drenadas  $\rightarrow Dd \geq 3,5 \text{ km/km}^2$

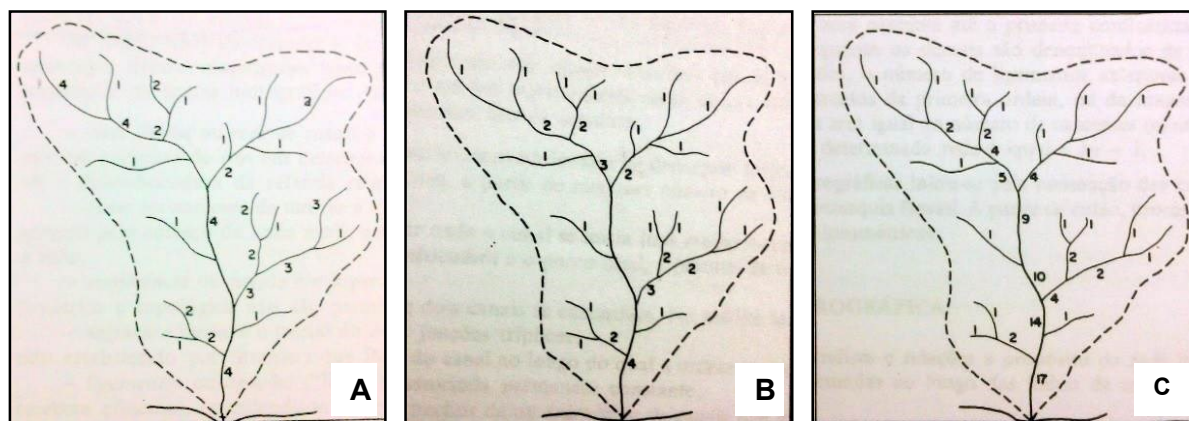
O coeficiente de manutenção (Cm) foi proposto por Schumm (1956), como o inverso da densidade da drenagem e tendo como finalidade indicar que, quanto mais dissecado o relevo, será menor a área disponível para o entalhamento de novos canais, ou seja, representa a área drenada em quilômetros quadrados, necessária para sustentar um quilômetro linear de canal (BORSATO; MANTONI, 2004).

#### 2.1.1.6 Hierarquia Fluvial

Por hierarquia fluvial entende-se o processo de estabelecer a classificação de um curso d'água, no conjunto total da bacia hidrográfica em que este se encontra. A

finalidade é facilitar e tornar mais objetivo os estudos fisiográficos na bacia hidrográfica.

Entre as formas de hierarquia fluvial existentes serão citadas as de Horton (1945) Strahler (1952) e Shreve (1966;1967) (Figura 1).



**Figura 1 - Exemplo de hierarquia fluvial segundo Horton (A) Strahler (B) e Shreve (C).  
Fonte: Christofolletti, 1980**

Para Horton, os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários, já os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois tributários de ordem menor e somente recebem tributários de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de tributários de segunda ordem, recebem tributários de ordem menor e assim sucessivamente (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Com a finalidade de determinar qual é o canal principal, toma-se como referência a última bifurcação e se leva em consideração os critérios; a) partindo da jusante da confluência para a montante, o canal confluyente que apresentar o maior ângulo será considerado o de ordem menor; b) se os cursos possuírem o mesmo ângulo, o rio de menor extensão é considerado o de menor ordem. O processo de refazer a numeração deve ser realizado a cada confluência com ordem mais elevada, desde a confluência final até a nascente do tributário mais longo (CHRISTOFOLETTI, 1980) (Figura 1A).

Seguindo o modelo de Horton (1945), surge outro proposto por Strahler, em 1952. Neste, os canais sem tributários são considerados de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e, só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber tributários de ordem menor e assim sucessivamente. Na ordenação proposta por Strahler é eliminado o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda a sua

extensão e a necessidade de refazer a numeração a cada confluência (CHRISTOFOLETTI, 1980) (Figura 1B).

A hierarquia fluvial proposta por Shreve (1966; 1967) estabelece a magnitude de um determinado ligamento ou de determinada bacia hidrográfica da seguinte forma: a) cada segmento de canal externo (desde a nascente até a confluência) tem magnitude 1; b) se ligamentos de magnitude  $u_1$  e  $u_2$  confluírem, o segmento resultante a jusante terá magnitude  $u_1$  mais  $u_2$ . A magnitude de um ligamento é igual ao número total de nascentes que lhe são tributadas. Este modo de ordenamento considera que a entrada de um tributário de ordem inferior altera a ordem do rio principal, pois ele reflete o número de canais de primeira ordem que contribui para a sua alimentação (CHRISTOFOLETTI, 1980) (Figura 1C).

#### 2.1.1.7 Relação de Bifurcação ( $R_b$ )

A relação de bifurcação desenvolvida por Horton (1945) relaciona o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior.

A  $R_b$  está relacionada com o grau de dissecação da bacia hidrográfica. Quanto maior for o valor de  $R_b$ , maior será o grau de dissecação. Analisando o sistema de ordenação de Strahler (1952), Christofolletti (1980) chegou a conclusão de que o resultado obtido na relação de bifurcação nunca será menor que 2 e, em sua maioria, variam entre 3 e 5 (MARCUIZZO *et al.*, 2012).

Segundo Horton (1945) a relação de bifurcação tende a apresentar o valor do índice maior para áreas com bacias de drenagem muito disseçadas e valores superiores a 3, enquanto áreas de colinas apresentam valor 2.

#### 2.1.1.8 Sinuosidade do Curso D'Água (SIN)

Um dos fatores que controla a velocidade do fluxo de água é a sinuosidade. Quanto mais sinuoso o canal principal, menor a velocidade e maior a dificuldade do deslocamento da água até a foz (PORTO *et al.*, 1999).

Calcula-se a sinuosidade por meio da relação entre o comprimento do canal principal e o comprimento de seu talvegue (distância em linha reta da desembocadura do rio e a nascente mais distante).

Existem diferentes maneiras para obtenção do valor de SIN que levam a interpretações em classes de sinuosidade. Por exemplo, para Alves e Castro (2003), os valores próximos a 1 indicam que o canal tende a ser retilíneo, enquanto valores maiores que 2, indicam canais tortuosos. Valores entre 1 e 2 indicam formas transicionais, regulares e irregulares.

Lira, Nascimento e Almeida (2012) organizam o valor de SIN em classes conforme Quadro 3.

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>	<b>Limites</b>
I	Muito reto	<20%
II	Reto	20-29%
III	Divagante	30-39%
IV	Sinuoso	40-49%
V	Muito sinuoso	>50%

**Quadro 3 - Classes do índice de sinuosidade do curso d'água segundo Lira et al. (2012)**  
**Fonte: Lira, Nascimento e Almeida, 2012.**

### 2.1.9 Razão de Relevo (Rr) e Índice de Rugosidade

A razão de relevo é uma variável utilizada para relacionar as variações topográficas da bacia, servindo como indicativo da declividade média da bacia hidrográfica.

Relaciona a amplitude altimétrica e o comprimento axial da bacia, sendo que, quanto mais alto o valor de Rr, maior será o desnível entre a nascente e a foz do rio.

Esta variável é um indicador da intensidade de erosão operando nas vertentes da bacia, pois, parte do princípio de que, quanto maior for a razão de relevo, maior será a quantia de água a escoar superficialmente e, por consequência, maior será a velocidade da água no sentido do maior comprimento da bacia STRAHLER, 1964).

Segundo Rossi; Pfeifer (1999), a razão de relevo pode ser classificado como a seguir:

- a) Razão de relevo baixa: 0,0 a 0,10
- b) Razão de relevo média = 0,11 a 0,30; e
- c) Razão de relevo alta = 0,31 a 0,60.

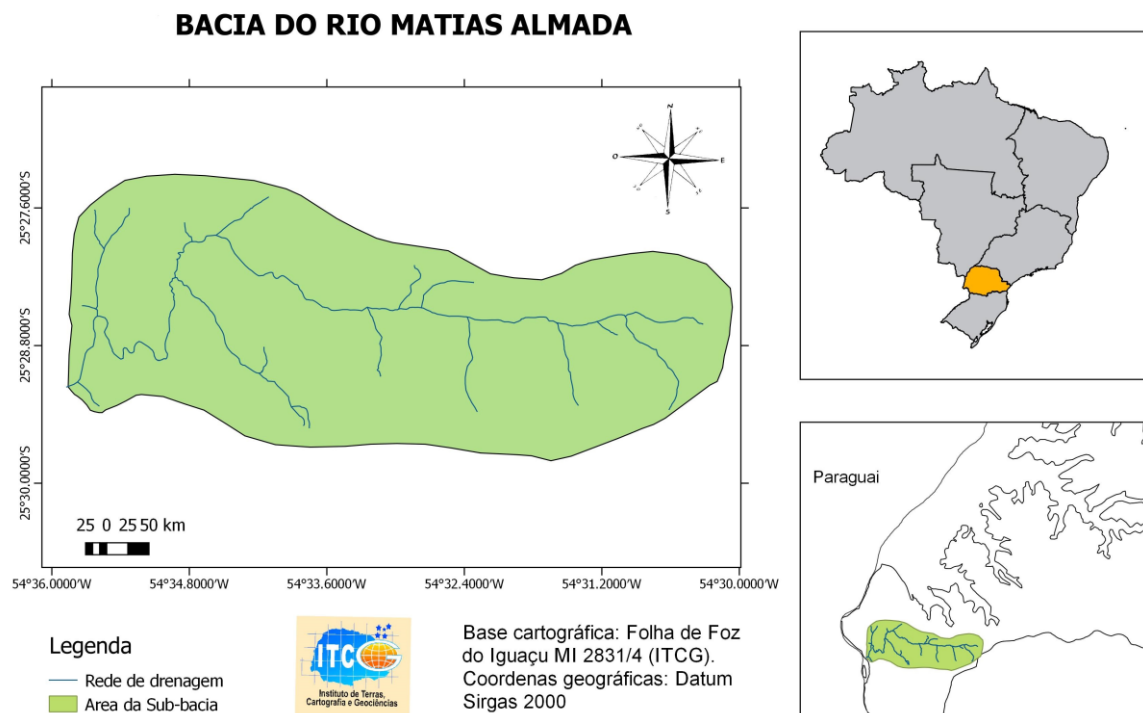
O índice de rugosidade associa as características de declividade e comprimento das vertentes com as de densidade da drenagem, expressando as características das vertentes quanto a declividade e comprimento. Valores extremamente altos de índice de rugosidade são encontrados quando ambos os valores são elevados e indicam que as vertentes são íngremes e longas (ROCHA, 1997).



### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Rio Mathias Almada é comumente chamado de Rio Almada. As nascentes estão localizadas na região norte do município de Foz do Iguaçu, no bairro Três Lagoas. Sua bacia hidrográfica é tributária da Bacia do Paraná III (BP III), localizada na mesorregião Oeste do Paraná (Figura 2). A bacia do rio Mathias Almada possui cerca de 48km de cursos fluviais que drenam uma área de 30,6km<sup>2</sup>, correspondendo a 4,9% da área total do município.



**Figura 02 – Localização geográfica da bacia do rio Mathias Almada.**

**Fonte: FREITAS, 2018**

A bacia do rio Mathias Almada está inserida em uma área de substrato geológico sustentado por rochas da bacia sedimentar Fanerozóica do Paraná, em uma unidade morfoescultural denominada Terceiro Planalto Paranaense, subunidade Planalto de Foz do Iguaçu (MAACK, 2012; SANTOS *et al.*, 2006). Predominam neste

compartimento, vertentes convexas, topos aplainados e os vales em “V” aberto. Em relação a declividade, prevalecem as classes entre 0-6% e 6-12%. Quanto à altimetria, o Planalto de Foz do Iguaçu apresenta cotas que variam de 120m a 540m em relação ao nível médio do mar (SANTOS *et al.*, 2006).

A constituição geológica integra a Formação Serra Geral ou *trapp* do Paraná. Os derramamentos estão arrançados em lençóis eruptivos básicos com arenitos eólicos intercalados originados na Era Mesozóica, no período Triássico Superior (MAACK, 2001).

O clima é caracterizado como Cfa (clima temperado úmido, com verão quente), com média anual de 21,4°C, onde o mês mais quente é janeiro, com média de 25,7°C e o mais frio é julho, com média de 16°C. Caracteriza-se como sempre úmido (KÖPPEN, 1948; EMBRAPA, 2003).

As características geológicas, juntamente com as particularidades do relevo, do clima, tempo e atividades biológicas, contribuíram para o desenvolvimento de solos profundos, bem drenados e que por derivarem de rochas magmáticas extrusivas básicas, são constituídos de elevada concentração da fração de argila. Assim, a classe de solo predominante é a do Latossolo Vermelho em áreas de relevo plano a suave ondulado (SANTOS *et al.*, 2006), ocorrendo também a classe dos Nitossolos Vermelhos, Gleissolos, Neossolos Litólicos e Cambissolos (EMBRAPA/IAPAR, 1984).

A vegetação nativa é denominada como mata pluvial-subtropical (MAACK, 2012). Na bacia os maiores fragmentos de vegetação nativa estão representados pela mata ciliar e por áreas de reserva legal.

Após passar por tratamento na estação de tratamento de esgoto (ETE – Três Lagoas), o rio Mathias Almada recebe água residual vinda de bairros de seu entorno, com vazão aproximada de 15 m<sup>3</sup>/s e enquadrada na classe II do CONAMA (2005) (PEREIRA, 2013).

Com base nos dados do cadastro do FOZHABITA e do plano diretor municipal (2006), Ribeiro (2015) identificou as áreas de ocupação irregular nas onze regiões urbanas do município de Foz do Iguaçu, sendo que duas delas encontravam-se as margens do rio Almada, ambas na região Norte-Três Lagoas. Esse tipo de ocupação irregular se iniciou na década de 1990. A ocupação irregular do bairro Novo Mundo foi iniciada com 98 famílias e a do Jardim Santa Rita, com 20 famílias, ambas abrangendo a porção leste da bacia. A ocupação se deu a partir da planície de inundação, inexistindo mata ciliar no local. Os problemas associados a ocupação irregular são o

descarte inconsciente de resíduos por parte da população, além dos associados a perda de solo, erosão e alagamentos em momentos de chuvas intensas.

A economia do município, bem como da bacia do rio Mathias Almada, está baseada no turismo com destaque para o comércio e serviços. De acordo com pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Turismo (EMBRATUR) e pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), de 2004 a 2011, Foz do Iguaçu foi considerado, no segmento "Lazer", o 3º destino mais visitado por turistas estrangeiros, atrás apenas da cidade do Rio de Janeiro.

### 3.2 MATERIAL, PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS

Para obtenção das informações e dados geoambientais, bem como para a elaboração dos mapas temáticos de localização da bacia hidrográfica e rede de drenagem, altimetria e declividade, foi utilizado um conjunto de documentos cartográficos e SIGs, a saber:

a) Carta topográfica em escala 1:50.000 com equidistância das curvas de nível de 20 metros, referente a Folha de Foz do Iguaçu SG.21-X-D-II-4 MI – 2831/4, formulada pelo Ministério do Exército – Departamento de Engenharia e Comunicações, com cobertura da área realizada em 1995 e impressão em 1997;

b) Imagem SRTM SG-21-X-D, obtida por meio do satélite Landsat 7, com resolução espacial de 30 m, produto do projeto Brasil em Relevo, desenvolvido pela EMBRAPA (MIRANDA, 2005);

c) Programa QGIS Desktop 2.18.13;

d) Programa Grass GIS 7.2.1.

A delimitação da bacia foi realizada com base na proposta metodológica de Christofletti (1980), de forma automática no *plugin* Grass GIS 7.2.1, associado ao software QGIS 2.18.13. As medidas de área, perímetro, extensão total dos cursos d'água, comprimento axial, comprimento do talvegue e a extensão dos cursos d'água de cada ordem, também foram obtidas com o auxílio das ferramentas de medida do referido programa.

A proposta conceitual adotada para a extensão dos cursos d'água e comprimento axial, foi a de Porto *et al.*, (1999), no qual, o primeiro conceito refere-se

a soma total dos cursos d'água e o segundo, considera-se o comprimento do rio desconsiderando-se os meandros, ou seja, o comprimento que o rio adota quando há uma cheia.

O conceito adotado para a extensão dos cursos d'água foi aquele proposto por Porto *et al.*, (1999), isto é, a soma total do comprimento dos cursos d'água. Para o comprimento axial, também foi adotado o conceito proposto por Porto *et al.*, (1999), em que se considera o comprimento do rio desconsiderando-se os meandros, ou seja, o comprimento que o rio adota quando há uma cheia.

Os fatores morfométricos foram calculados conforme as equações apresentadas no Quadro 04.

Parâmetro	Equação	Em que:	Autor
Índice de compacidade	$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	P: perímetro (Km) A: área de drenagem (Km <sup>2</sup> )	PORTO <i>et al.</i> (1999)
Índice de conformação	$K_f = \frac{A}{L^2}$	A: área (Km <sup>2</sup> ); L: comprimento axial da bacia (Km).	PORTO <i>et al.</i> (1999)
Razão de alongação	$R_e = 1,128 \cdot \frac{A^{0,5}}{L^2}$	A: área da drenagem (Km <sup>2</sup> ); L: comprimento axial da bacia (Km).	MOSCA (2003)
Índice de circularidade	$I_c = \frac{12,57A}{P^2}$	A: área de drenagem (Km <sup>2</sup> ) P: perímetro (Km)	PORTO <i>et al.</i> (1999)
Índice entre o comprimento e a área da bacia	$ICO = \frac{P}{\sqrt{A}}$	P: perímetro (Km) A: área de drenagem (Km <sup>2</sup> )	EPAGRI (1997)
Densidade dos cursos d'água	$D_s = \frac{N}{A}$	N: número de cursos d'água A: área da bacia	PORTO <i>et al.</i> (1999)
Densidade da drenagem	$D_d = \frac{T}{A}$	T: Comprimento total dos cursos d'água (Km); A: área da bacia hidrográfica (Km <sup>2</sup> ).	PORTO <i>et al.</i> (1999)
Relação de bifurcação	$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$	N <sub>u</sub> : número de segmentos de determinada ordem; N <sub>u+1</sub> : número de segmentos da ordem imediatamente superior	HORTON (1945)
Sinuosidade do curso d'água	$SIN_1 = L_p/L_t$	L <sub>p</sub> : comprimento do canal principal (Km); L <sub>t</sub> : comprimento do talvegue (Km).	PORTO <i>et al.</i> (1999)
Coeficiente de manutenção	$C_m = 1/D_d$	D <sub>s</sub> : densidade da drenagem.	Horton (1945)
Amplitude altimétrica da bacia (ΔHb), m	$\Delta H_b = H_{max} - H_{min}$	H <sub>max</sub> : altimetria máxima. H <sub>min</sub> : altimetria mínima	Strahler (1952)
Razão de relevo (Rr), m/m	$R_r = \Delta H_b/L_b$	ΔH <sub>b</sub> : amplitude altimétrica. L <sub>b</sub> : comprimento axial da bacia	Schumm (1956)
Índice de rugosidade (I <sub>r</sub> ), adimensional	$I_r = \Delta H_b \cdot D_d$	ΔH <sub>b</sub> : amplitude altimétrica. D <sub>d</sub> : densidade da drenagem.	Schumm (1956)

**Quadro 4 - Parâmetros e equações das características morfométricas das bacias hidrográficas.**  
Fonte: autoria própria.

A classificação hierárquica fluvial foi realizada manualmente com base no método proposto por Strahler (1952). Com base no mapa da rede de drenagem,

previamente estabelecido, foi realizado o mapeamento da hierarquia fluvial, utilizando as ferramentas disponibilizadas no programa computacional QGIS. Posteriormente, para mensurar de magnitude da bacia hidrográfica, fez-se uso do método proposto por Shreve (1967).

A partir da imagem de satélite, SRTM SG-21-X-D, e das ferramentas disponibilizadas pelo SIG QGIS 2.18.13, foram gerados os produtos cartográficos para as classes de hipsometria, com equidistância de 20m entre as curvas em escala 1:50.000.

Para a classificação do relevo, tomou-se como base as porcentagens de declividade predominantes e sua distribuição na bacia proposta por Embrapa (1979) e que consta na Tabela 1:

**Tabela 1 - Classificação do relevo em relação às classes de declividade conforme EMBRAPA (1979).**

<b>Declividade (%)</b>	<b>Relevo</b>
0-3	Plano
3-8	Suave-ondulado
8-20	Ondulado
20-45	Forte-ondulado
45-75	Montanhoso
>75	Forte-montanhoso

**Fonte: EMBRAPA (1979)**

Para auxiliar a interpretação visual das áreas de cobertura vegetal, e a classificação de uso e ocupação do solo, foram utilizadas imagens do ano de 2013 do banco de imagens de satélite de alta resolução espacial disponibilizado por Google Earth PRO. Foi realizada a extração e o detalhamento da rede de drenagem e o mapa de uso e ocupação do solo, utilizando-se de técnicas de fotointerpretação. As áreas de uso e ocupação foram representadas por polígonos, enquanto que a rede de drenagem por linhas. Como resultado foi obtido o mapa de uso e ocupação do solo da bacia do rio Mathias Almada em escala de 1:50.000.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos índices das características métricas e de área da bacia (Tabela 2) são pressupostos para a realização dos cálculos das demais características morfométricas.

**Tabela 2 - Características morfométricas da bacia do rio Mathias Almada**

<b>Atributos</b>	<b>Valor do índice</b>
Área (A)	30,6 Km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	24,9 Km
Comprimento Axial (L)	9,78 Km
Soma total do comprimento dos canais (T)	48 Km
Número total de canais (N)	17

**Fonte: autoria própria**

A identificação do sistema de drenagem, conforme Strahler (1952), permitiu classificar a bacia do rio Mathias Almada como de 3ª ordem. Isto é, apresenta baixo grau de ramificação. Na área de estudo é comum as pequenas bacias hidrográficas, apresentarem 4ª ou menor ordem. Considera-se que, quanto mais ramificada for a rede de drenagem, mais eficiente é o sistema de drenagem, conforme ressaltam Tonello *et al.*, (2006).

A bacia possui padrão de drenagem dendrítico. Sua magnitude de drenagem é de 17, representando o total de canais que contribuem para formação da bacia hidrográfica.

Os índices relacionados ao fator de forma da bacia hidrográfica, bem como, as características da rede de drenagem e a sinuosidade dos cursos d'água também estão diretamente relacionados ao escoamento superficial e à eficiência do sistema de drenagem. Na Tabela 3 encontram-se os valores para essas características na a bacia do rio Almada.

**Tabela 3 - Características Morfométricas Relacionadas ao Fator Forma e a Rede de Drenagem**

<b>Característica morfométrica</b>	<b>Valor do índice</b>
Índice de compacidade (Kc)	1,26
Índice de conformação (Kf)	0,32
Razão de alongação (Re)	0,64
Índice de circularidade (Ic)	0,62
ICO (índice entre o comprimento e a área da bacia)	1,43
Densidade de cursos d'água (Ds)	0,56
Densidade da drenagem (Dd)	1,57
Sinuosidade do curso d'água SIN )	0,71
Coefficiente de manutenção (Cm)	0,64

**Fonte: autoria própria**

O índice de compacidade ( $K_c$ ) igual a 1 (um) corresponde a uma bacia circular. Assim há o direcionamento do escoamento superficial, em um pequeno espaço de tempo, para um pequeno trecho do rio principal, causando o acúmulo de fluxo (CARVALHO; SILVA, 2006). Entende-se que  $K_c$  diz respeito a potencialidade de produção de picos de enchente. Constata-se em relação ao  $K_c$  (1,26), que a bacia do rio Mathias Almada possui tendência mediana a grandes enchentes conforme destacaram Silva e Mello (2008).

O valor de  $K_f$  (0,32), que relaciona a forma da bacia à forma de um quadrado, sugere que a bacia não está sujeita às enchentes. Isso significa que na bacia do rio Mathias Almada o número de tributários (17), que abrange o rio principal em diferentes pontos, favorece o escoamento pluvial (VILELLA; MATTOS, 1975). Entretanto, embora as características morfométricas ( $K_f$ ;  $T$ ,  $N$   $D_d$ ;) indiquem que a bacia tenha baixa tendência a enchentes, isto não significa que elas não podem ocorrer em magnitudes mais intensas na bacia. As condições de uso, ocupação e manejo, por exemplo, associadas a eventos climáticos extremos, podem influenciar diretamente nesse processo. A baixa suscetibilidade a enchentes ainda é evidenciada pelos valores das características de  $Re$ ,  $lc$  e  $ICO$  (Tabela 3).

A razão de alongação ( $Re$ ) evidencia a relação entre o diâmetro do círculo de área igual a da bacia e o eixo da bacia hidrográfica. Com este índice é possível verificar a suscetibilidade da bacia a enchentes, tomando como referência a sua forma da bacia. Quanto maior for o valor encontrado para  $Re$ , mais a forma da bacia aproxima-se a de um círculo e, maior a suscetibilidade de ocorrência de enchentes. Quando os valores de  $Re$  são baixos, estão associados à forma mais alongada e menos suscetível às enchentes (MOSCA, 2003). O valor encontrado para  $Re$  (0,64) na bacia do rio Almada não é elevado, portanto, evidencia menor tendência às enchentes.

Valores de  $lc$  próximos a um (1) indicam que a bacia possui forma próxima a de um círculo. Valores menores que 0,51 indicam que a bacia é alongada, o que favorece o processo de escoamento (MOSCA, 2003). O valor encontrado para  $lc$  é 0,62, o que permite afirmar que a forma está mais próxima de um círculo ( $<0,51$ ) do que para alongada, cujos valores aproximam de 1 (um).

O  $ICO$  (índice entre o comprimento e a área da bacia) é utilizado para descrever e interpretar a forma e o processo de alargamento ou alongamento da bacia hidrográfica. Quando o valor encontrado para  $ICO$  for próximo a um (1), a bacia

apresenta forma igual a um quadrado. Quanto maior este valor, mais alongada será a bacia (EPAGRI, 1997). O valor de ICO para a bacia do rio Almada é 1,43. Os valores desse índice e do Re e Ic indicam que a rede de drenagem tende a ser alongada. E, quanto mais alongada for a bacia, menor o risco de enchente.

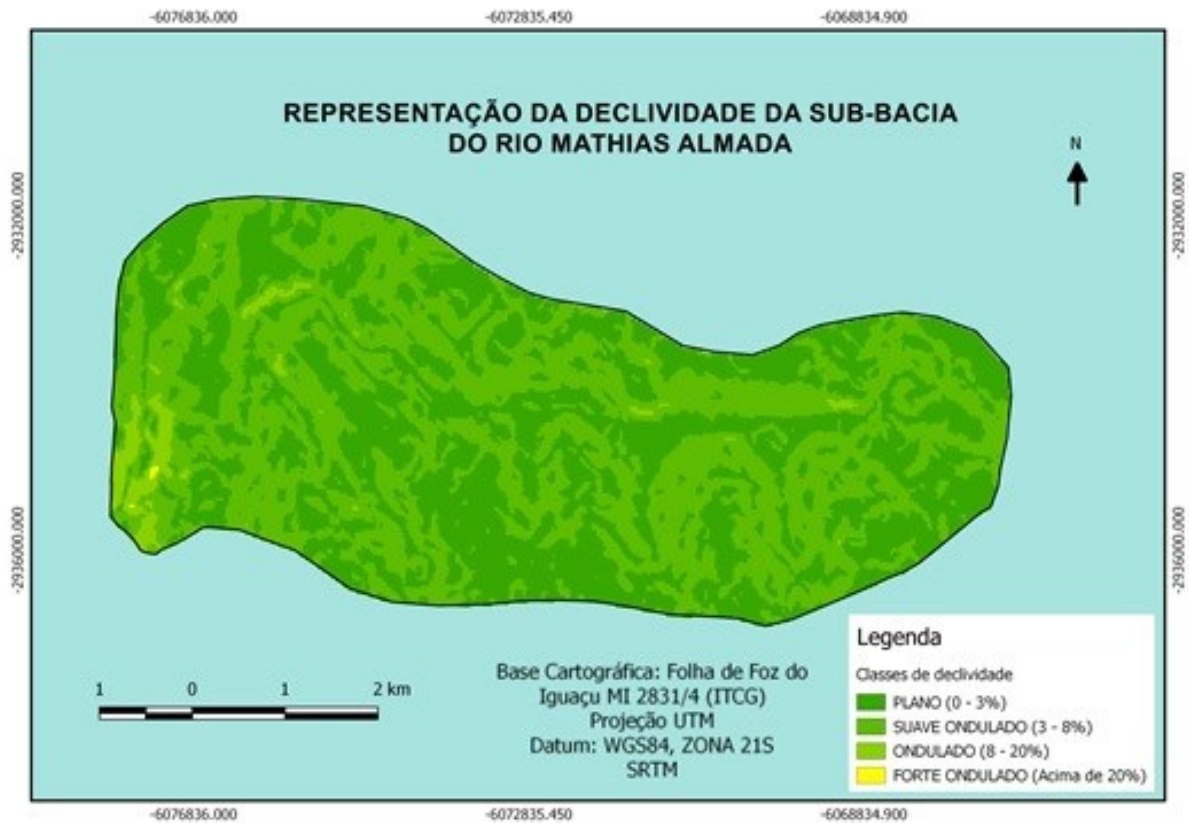
Para verificar a eficiência da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Mathias Almada, foi utilizado o cálculo da densidade dos cursos d'água. Cabe lembrar que, as bacias com alta densidade hidrográfica possuem maior capacidade de gerar canais, independentemente de suas extensões (VEIGA *et al.*, 2013). O valor de Ds (0,56) indica que a bacia não é bem drenada, pois, uma bacia é considerada bem drenada quando possui um canal fluvial a cada quilômetro quadrado, conforme destaca Marcuzzo *et al.*, (2012). A densidade da drenagem possui relação inversa à densidade dos cursos d'água, ao passo que, quanto mais canais existirem, menos extensos eles serão. O índice obtido para densidade da drenagem (1,57) permite concluir que a drenagem na bacia pode ser classificada como boa (CARVALHO; SILVA, 2006), numa escala cujas classes de drenagem são: pobre, regular, boa, muito boa e bem drenada.

Com base na Dd foi calculado o coeficiente de manutenção (Cm), que representa uma medida de textura do solo e serve para determinar a área mínima necessária para a manutenção de 1 (um) metro de canal de escoamento permanente. No caso na bacia do rio Almada, o valor encontrado para Cm foi 0,64 km<sup>2</sup>/Km, considerado alto por Stipp *et al.*, (2010), o que pode ser atribuído às declividades fracas e à boa capacidade de recarga hídrica.

Quanto à declividade e ao relevo na bacia hidrográfica (Figura 03), predomina as classes de 0 - 3% do modelado plano ao suave ondulado (3 - 8%), o que sugere vertentes longas, com declividades fracas, que propiciam uma boa infiltração em detrimento do escoamento superficial.

O valor de SIN (0,71), segundo Alves e Castro (2003), indica que o canal principal tende a ser retilíneo, pois, o valor se aproxima de 1. Os valores encontrados para sinuosidade dos cursos d'água corroboram com indicativo de baixa tendência às enchentes na bacia do rio Mathias Almada. Isto porque a velocidade de fluxo de água em cursos retilíneos tende a ser maior do que em cursos sinuosos (PORTO *et al.*, 1999).

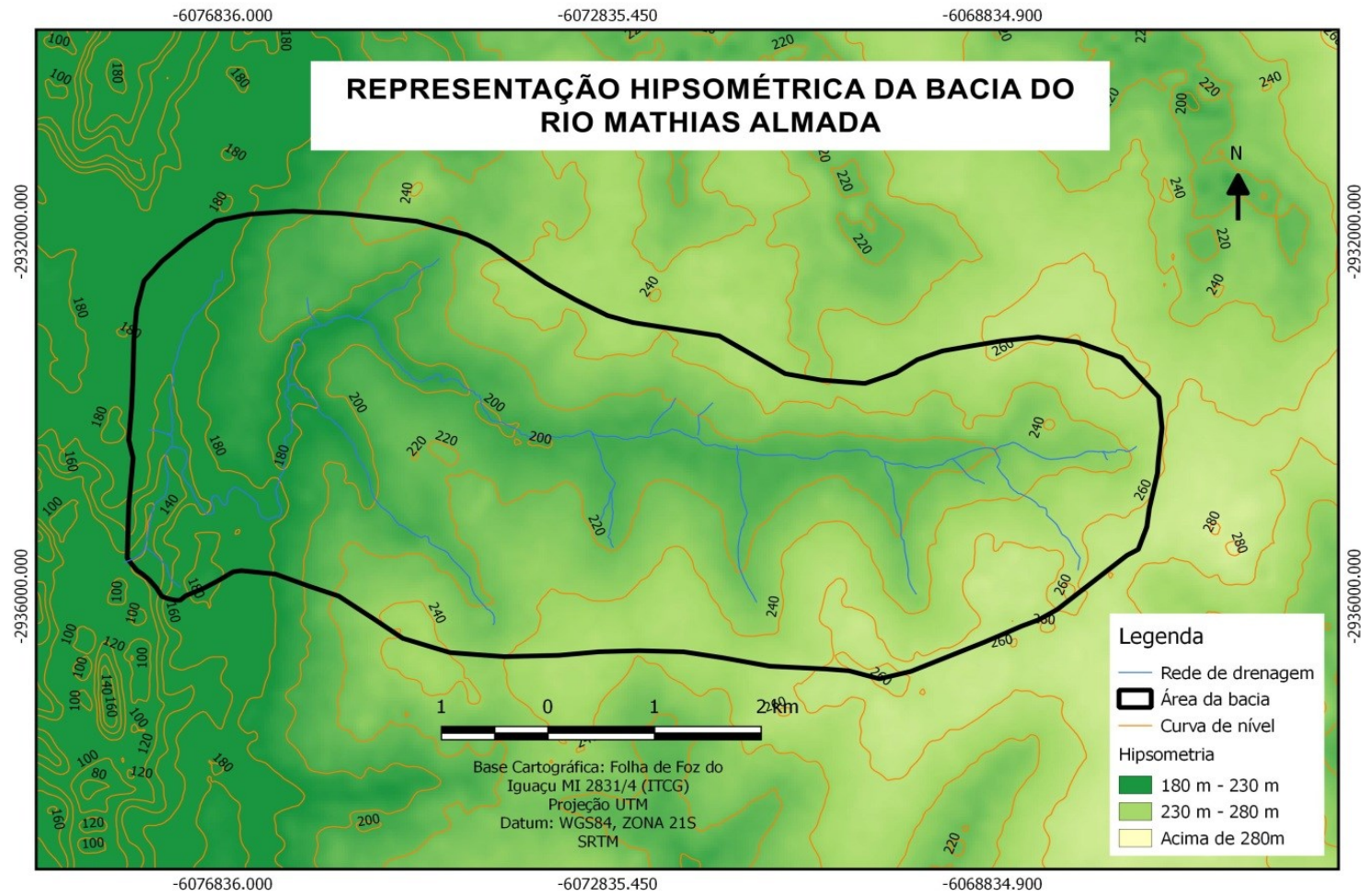




**Figura 03 – Declividade na bacia do rio Mathias Almada conforme EMBRAPA, 1979.**  
**Fonte: FREITAS, 2018**

Na bacia do rio Mathias Almada, as áreas topograficamente mais elevadas concentram-se na região leste da bacia, atingindo altitude máxima de 265m (Figura 04). As áreas de menor altitude concentram-se na região da foz do rio Mathias Almada, atingindo 118m de altitude. Dessa forma o desnível altimétrico é de 147m na bacia hidrográfica.

Para melhor compreensão do relevo da bacia, foi calculado o índice de razão do relevo ( $R_r$ ), que permite comparar a altimetria das regiões. E, quanto maior os valores encontrados, mais acidentado é o relevo na bacia. Este índice reflete, ainda, a relação da infiltração com o deflúvio, evidenciando a interação com a densidade da drenagem (ROSSI; PFEIFER, 1999). Para a bacia do rio Almada, o valor de  $R_r$  foi 0,015 m/m, o que indica que o relevo possui altimetria predominantemente baixa e estável, com baixa movimentação topográfica.



**Figura 04 – Hipsometria da bacia do rio Mathias Almada.**  
Fonte: FREITAS, 2018

Também foi obtido o valor referente ao índice de rugosidade (IR), que relaciona a amplitude altimétrica com a de densidade da drenagem. Quanto maior for este índice, maior será o risco de degradação na área, pois, as vertentes serão longas e íngremes (TRAJANO *et al.*, 2012). O IR encontrado para bacia do rio Almada (0,23) é considerado baixo, reforçando a possibilidade de menor risco de degradação ambiental na bacia, já que a variação topográfica do relevo é pequena, de modo que existe menor risco a enchentes.

O uso e ocupação do solo na bacia do rio Mathias Almada pode ser observado no mapa apresentado na Figura 5.

Pode-se observar que as nascentes do rio ocorrem em áreas ocupadas para pastagem e também de uso urbano.

Condições naturais propícias como; solos de boa fertilidade, clima com temperaturas amenas e precipitações bem distribuídas durante o ano e declividade baixa propiciam a prática da atividade agrícola (predominantemente, culturas de soja e milho) e contribui para a ocupação do solo para o uso residencial.

As áreas anteriormente citadas como de ocupação irregular estão localizadas junto a nascente localizada na região leste da bacia, na margem esquerda do rio principal, onde a mata ciliar é inexistente e a população instalou-se junto a planície de inundação dos cursos fluviais.

Na porção norte da bacia está localizada a subestação de Furnas, importante estrutura na transmissão e intercâmbio de energia entre as regiões Sul e Sudeste do país.

Na porção oeste da bacia, próximo a foz, ocorre atividade mineradora com a extração de basalto.

Observa-se também a ocorrência de solo exposto em locais de transição da atividade agrícola e o uso urbano.

## USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIO MATHIAS ALMADA

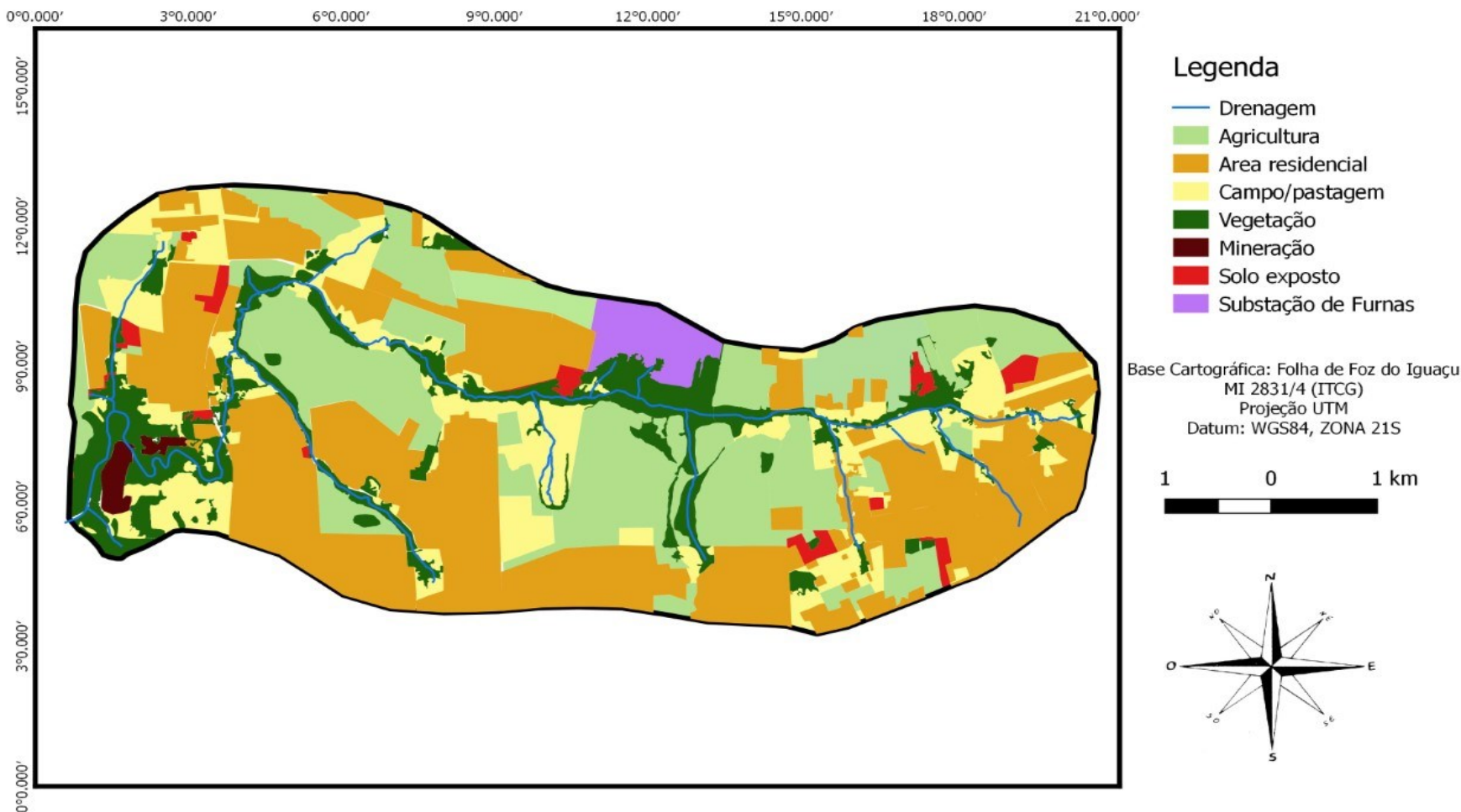


Figura 5 – Mapa de uso e ocupação do solo na bacia do rio Mathias Almada.  
Fonte: FREITAS, 2018

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nenhuma característica física ou valor obtido de índice, isoladamente, é capaz de simplificar a complexa dinâmica de uma bacia hidrográfica, porém, suas características morfométricas, quando analisadas de forma integrada são de grande valia para a avaliação de seu comportamento hidrológico. O levantamento e análise de aspectos relacionados à bacia hidrográfica (forma, hierarquia, densidade, etc), relevo (hipsometria, declividade, formas das vertentes), entre outros aspectos fisiográficos como o clima, o solo e a geologia, contribuíram para elucidar e compreender os processos relacionados à dinâmica ambiental na bacia, sobretudo no que diz respeito aos eventos de enchentes.

Os resultados do levantamento das características morfométricas, relacionadas à forma e a drenagem ( $K_c$ ,  $K_f$ ,  $R_e$ ,  $I_c$ ,  $I_{CO}$ ,  $D_s$ ,  $D_d$ ,  $SIN$ ,  $SIN$ ), associados as características de solo, geologia, relevo e uso e ocupação do solo indicaram baixa susceptibilidade da bacia hidrográfica do rio Mathias Almada, em produzir picos de enchente em condições normais de pluviosidade anual.

Neste contexto, entende-se que as sucessivas enchentes registradas na bacia hidrográfica do rio Mathias Almada estão associadas, principalmente aos condicionantes antrópicos como o uso, ocupação e manejo do solo no setor urbano e rural. A perda de solo, o descarte incorreto de lixo e entulhos, as ocupações irregulares e inadequadas de áreas de mananciais, Áreas de Preservação Permanente, por exemplo, são alguns dos elementos que contribuem para acentuar os picos de cheia nos períodos de chuvas mais intensas e prolongadas.

## REFERÊNCIAS

ATTANASIO, C. M. Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade. 2004. 193 p. **Tese (doutorado)** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.

ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de Feições Geológicas na Morfologia da Bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de Parâmetros Morfométricos e Análise de Padrões de Lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.

BRASIL. **Lei Federal n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>. Acesso em 20 de abr 2018.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://ibge.gov.br/> Acesso em nov. 2013. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 9ª edição, Ícone Editora, São Paulo, 2014.

BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em mai. 2018.

BORSATO, F.H.; MARTONI, A.M. Estudo da Fisiografia das Bacias Hidrográficas Urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **ActaScientiarum. Human and Social Sciences**. v.26, nº2, p.273-285, 2004.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em Microbacia Hidrográfica. IN: GUERRA, Antônio Teixeira, SILVA, Antônio Soares da, BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1999.

BRADY, N. C. EIL, R. R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3ª Ed. São Paulo: Bookman, 2013.

CAMPOS, Y. O. Gestão ambiental: complexidade sistêmica em bacia hidrográfica. 2010. 184 p. **Dissertação (mestrado)** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

CARVALHO, D. F. SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. 2006. Disponível em: [www.em.ufop.br/%2Fdeciv%2Fdepartamento%2F~antenorrodrigues%2F2\\_Bacia%2520hidrografica.pdf&ei=9N9xVYfhIYbksASirIPABQ&usg=AFQjCNGZUpUX49AWJ3bp xhmnT5l8615y5w&sig2=RsYhfV4RFg0hsuFwRLwfPA](http://www.em.ufop.br/%2Fdeciv%2Fdepartamento%2F~antenorrodrigues%2F2_Bacia%2520hidrografica.pdf&ei=9N9xVYfhIYbksASirIPABQ&usg=AFQjCNGZUpUX49AWJ3bp xhmnT5l8615y5w&sig2=RsYhfV4RFg0hsuFwRLwfPA). Acessado em jan. 2015.

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

EMBRAPA. **Banco de Dados Climáticos do Brasil**, 2003. Disponível em: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=191>. Acessado em 15 jan. 2015.

EMBRAPA/IAPAR - **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná**. Boletim Técnico nº 57 da EMBRAPA e Boletim Técnico nº 16 do IAPAR, 414p.,1984.

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/IAPAR - Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná. **Boletim Técnico nº 57 da EMBRAPA e Boletim Técnico nº 16 do IAPAR**, 414p.,1984.

EPAGRI – Gerência Regional da E. E. de Urussanga. **Plano de gestão e gerenciamento da bacia do Rio Araranguá – Zoneamento da disponibilidade e da qualidade hídrica. Análise das Características Físicas**. V. 3. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente/Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. Florianópolis – SC, 1997.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geological Society of America Bulletin, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico: Município de São Miguel do Iguaçu**, 2015. Disponível em [http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg\\_conteudo=1&cod\\_conteudo=30](http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=30) Acesso em nov. 2015.

KÖPPEN, W. **Climatologia con un estudio de los climas de la tierra**. México: FCE, 1948.

LIMA, W. P.; ZAKIA M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares**, 2000. Disponível em: <http://www.ipef.br/hidrologia/mataciliar.asp>. Acessado em 22. Jan. 2015.

MAACK, R. Maack, Reinhard. **Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina**. Brazilian Archives of Biology and Technology, p. 169-288, 2001

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 4º Ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 16 jul. 2015.

MOSCA, A. A. O. Caracterização Hidrológica de Duas Microbacias Visando a Identificação de Indicadores Hidrológicos para o Monitoramento Ambiental do Manejo de Florestas Plantadas. **Dissertação** (Mestrado em Recursos florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP. 2003.

PARETA, K.; PARETA, U. Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) Data and GIS. International Journal of Geomatics and Geosciences. V. 2, n.1, 2011. Disponível em: <<http://ipublishing.co.in/jggsvol1no12010/voltwo/EIJGGS3022.pdf>> Acesso em: 30 jun. 2014.

PEREIRA, F. J. **Qualidade Físico-química da água do rio Mathias Almada na cidade de Foz do Iguaçu após estação de tratamento de esgoto – ETE 8**. 2013. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4626/1/MD\\_GAMUNI\\_2014\\_2\\_85.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4626/1/MD_GAMUNI_2014_2_85.pdf) Acesso em mai. 2018.

PORTO, R.L; ZAHED, K. F.; SILVA R. M. **Bacias Hidrográficas**. São Paulo: Escola Politécnica da USP – Depto de Engenharia Hidráulica e Sanitária PHB – 307 – Hidrologia Aplicada, 1999.

RIBEIRO, D. G. **Metamorfose da Cidade: tensões e contradições na produção e apropriação do espaço urbano em Foz do Iguaçu**. Dissertação (mestrado em Ciências Sociais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo. 263p. 2015.



RODRIGUES, C. ADAMI, S. Técnicas Fundamentais para o Estudo de Bacias Hidrográficas IN: VENTURI, L. A. B. (Org.) **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em Geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

ROCHA, J.S.M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 423p.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia. n.8, p.63-74. 1994.

ROSSI, M.; PFEIFER, R.M. **Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP)**. Bragantia, Campinas, v. 58, n.1, p.141-156, 1999.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2003. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SANTOS, L. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. F.; ROSS, J. L. S. **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná**. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 7, nº 2 (2006). pp. 03-12.

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

SILVA, A. M.; MELLO, C. R. **Apostila de Hidrologia**. Universidade Federal de Lavras. 2008  
In Site:  
[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4626/1/MD\\_GAMUNI\\_2014\\_2\\_85.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4626/1/MD_GAMUNI_2014_2_85.pdf)  
Acesso em  
[www.deg.ufla.br/Irriga%C3%A7%C3%A3o/ Disciplinas/ENG%20170/hidrologia\\_eng\\_170.htm](http://www.deg.ufla.br/Irriga%C3%A7%C3%A3o/ Disciplinas/ENG%20170/hidrologia_eng_170.htm). Acesso em 02 de out. 2014.

STRAHLER, A.N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, Ven Te (Ed.). **Handbook of applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill, p. 439-476. 1964.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p.15-20, nov./dez. 2000.

STIPP, N. A. F., CAMPOS, R. A., CAVIGLIONE, J. H. **Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Taquara – uma contribuição para o estudo de ciências ambientais**. Portal de Cartografia, v. 3 nº1 (2010) p.105-124.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, v.20, p.137-157, 2007

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; ALVARES, C. A.; RIBEIRO, S.; LEITE, F. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TRAJANO, S. R. R. S.; SPADOTTO, C. A.; HOLLER, W. A.; DALTIO, J.; MARTINHO, P. R. R.; FOIS, N. S.; SANTOS, B. B.O.; TOSCHI, H. H.; LISBOA F. S. **Análise morfométrica de bacia hidrográfica** – subsídio à gestão territorial estudo de caso no alto e médio Mamanguape. Campinas, SP: EMBRAPA, 2012. 35p. (Boletim).

VEIGA, A. M. TRINDADE, M. C. SOUZA, R. M. OLIVEIRA, W. N. Caracterização hidromorfológica da bacia do rio dos Bois. In Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 10., 2013, **Anais**...Porto Alegre, 2007

VILELLA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo, McGraw-Hill, 1975.