

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

DOUGLAS ALCINDO DA ROZA  
TAILON DAL`MASO LUCAS

**CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO FLORIANO, PARQUE NACIONAL DO  
IGUAÇU - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2014

DOUGLAS ALCINDO DA ROZA  
TAILON DAL`MASO LUCAS

**CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO FLORIANO, PARQUE NACIONAL DO  
IGUAÇU - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito obrigatório para a conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da UTFPR, campus Francisco Beltrão.

Orientador: Prof. Dr. Fernando C. Manosso

Co-Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Lingnau

FRANCISCO BELTRÃO

2014



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Francisco Beltrão  
**Curso de Engenharia Ambiental**



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### Trabalho de Conclusão de Curso – TCC - 2

Características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Floriano, Parque Nacional do Iguaçu - PR

por

Douglas Alcindo Da Roza

Monografia apresentada às 17:00 horas. do dia 17 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de **ENGENHEIRO AMBIENTAL**, Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

Banca examinadora:

---

**Prof. Dr. RODRIGO LINGNAU**

UTFPR - Convidado

---

**Prof. Dr. FERNANDO MANOSSO**

UTFPR Orientador

---

**Prof. MsC. WAGNER DE AGUIAR**

UTFPR Convidado

---

**Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki**

Coordenador do TCC-2

A copia original encontra-se assinada na coordenação de Engenharia Ambiental



---

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**Trabalho de Conclusão de Curso – TCC - 2**

Características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Floriano, Parque Nacional do Iguaçu - PR

por

Tailon Dal' Maso Lucas

Monografia apresentada às 17:00 horas. do dia 17 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AMBIENTAL, Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

Banca examinadora:

---

**Prof. Dr. RODRIGO LINGNAU**

UTFPR - Convidado

---

**Prof. Dr. FERNANDO MANOSSO**

UTFPR Orientador

---

**Prof. MSc. WAGNER DE AGUIAR**

UTFPR Convidado

---

**Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki**

Coordenador do TCC-2

A copia original encontra-se assinada na coordenação de Engenharia Ambiental

À memória de Inácia Maria Ferreira, que  
com sabedoria educou seus filhos e netos.

À Alcides da Roza e Maria Bernadete da  
Roza que tornaram possível meus estudos.

Dedico este trabalho a minha família pelo apoio e carinho, e a minha noiva que sempre esteve ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS – DOUGLAS ALCINDO DA ROZA**

Sou imensamente grato a Deus que me deu a vida e tem sido muito generoso comigo.

Aos meus familiares, ao meu pai Alcides da Roza que sempre me deu força e muitos conselhos, a minha mãe Maria Bernadete da Roza que me apoiou e incentivou em todos os momentos, e as minhas irmãs Glaucia Maria da Roza e Adriele Cecilia da Roza que sempre estão presente apoiando minhas decisões.

À Juliana Biluca pelo carinho, pelo incentivo e compreensão nos momentos difíceis.

Pela dedicação e perseverança no trabalho agradeço também aos meus amigos Tailon Dal'Maso Lucas e Joseane Bortolini os quais sem eles esse trabalho não seria possível.

Agradeço a todos os colegas que se fizeram presentes me ajudando nas atividades acadêmicas, em especial aos amigos que fiz ao longo do curso Douglas Frosi, Roberto Antonello, Luiz Carlos Jr., Maurício Furigo, Bruna Basso, Luciana Crestani, Liliane Cristina Melo, Camilla Facchi Parissotto, Camila Bonetti Utzig, Cibelle Dal Alba, Juliane Ruthes e Alice Regina pelo companheirismo nos sábados, domingos e feriados que passamos estudando.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Ambiental, que sempre se propuseram a ajudar e que acima de tudo tiveram paciência e sabedoria para nos ensinar. Em especial presto meu sincero agradecimento às pessoas que confiaram em mim para a realização deste trabalho, meus orientadores Prof. Fernando Cesar Manosso e Prof. Rodrigo Lingnau pela colaboração e pelos seus conhecimentos.

## **AGRADECIMENTOS – TAILON DAL`MASO LUCAS**

Agradeço a todos que, diretamente ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho, em especial:

Ao orientador Professor Dr. Fernando Cesar Manosso, pela eficiente orientação dada durante este trabalho e ao coorientador Professor Dr. Rodrigo Lingnau pela contribuição e revisão deste trabalho, e por meio deles me reporto a todos os professores, técnicos e funcionários da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) por terem contribuído nesta jornada através de seus serviços prestados para minha formação.

Ao meu colega de TCC Douglas Alcindo da Roza por todo seu empenho e dedicação neste trabalho.

Aos meus pais Mirtes Dal' Maso Lucas e Joscelino Lucas que sempre me apoiaram e deram condições para que eu conseguisse me formar.

À minha noiva que sempre me auxiliou no decorrer do curso pelo seu carinho e dedicação.

É um dom ser capaz de reconhecer, de um só golpe de vista, as possibilidades do terreno.

*(Napoleão Bonaparte, 1769 - 1821)*

ROZA, Douglas A.; LUCAS, Tailon D. M. Características Morfométricas da Bacia Hidrográfica do rio Floriano, Parque Nacional do Iguaçu – PR. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Bacharelado em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

## RESUMO

O presente trabalho apresenta um levantamento de parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Floriano, localizada no contexto dos limites do Parque Nacional do Iguaçu, que está situado no extremo Oeste do estado do Paraná, próximo à foz da bacia hidrográfica do rio Iguaçu. Essa bacia hidrográfica possui um baixo grau de antropização. Suas nascentes estão localizadas na parte Norte do parque e a drenagem desenvolve-se no sentido Norte-Sul até sua foz junto ao rio Iguaçu. O levantamento foi realizado em cima das características morfométricas por meio de técnicas de geoprocessamento, com apoio de cartas topográficas e dados topográficos SRTM (*shuttle radar topography mission*, 2000). Espera-se que os resultados obtidos e os parâmetros morfométricos avaliados possam contribuir para o melhor entendimento do meio físico, suas relações com planejamentos e gestões futuras, visando a conservação da natureza na região, e melhor compreensão da estrutura e funcionamento de bacias hidrográficas situadas em áreas de baixa antropização.

**Palavras chave:** Rio Floriano, morfometria, Parque Nacional do Iguaçu.

ROZA, Douglas A.; LUCAS, Tailon D. M. Características Morfométricas da Bacia Hidrográfica do rio Floriano, Parque Nacional do Iguazu – PR. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Bacharelado em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

### **ABSTRACT**

This paper presents survey of morphometric parameters of the Floriano river basin, located in the context of the limits of the Iguazu National Park, which is situated in the extreme west of the state of Paraná, near the mouth of the Iguazu River basin. This basin has a low degree of human disturbance. Its headwaters are located in the northern part of the park and drainage develops in the North-South direction to its confluence with the Iguazu River. Survey was conducted on top of the morphometric characteristics through GIS techniques, with support from topographic maps, SRTM topographic data (shuttle radar topography mission, 2000). It is expected that the results obtained and evaluated morphometric parameters can contribute to a better understanding of the physical environment, their relationships with planning and future administrations, seeking nature conservation in the region, and better understanding of the structure and functioning of watersheds located in areas of low human disturbance.

**Keywords:** Floriano River, morphometric, Iguazu National Park.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do Parque Nacional do Iguaçu.....	4
Figura 2 – Área do Parque Nacional do Iguaçu.....	6
Figura 3 – Principais bacias hidrográficas do estado do Paraná.....	9
Figura 4 – Representação da vertente no triângulo retângulo pela correlação trigonométrica para calcular o ângulo de inclinação.....	12
Figura 5 – Padrões de drenagem básicos.....	14
Figura 6 – Delimitação da bacia hidrográfica do rio Floriano.....	22
Figura 7 – Área do Parque Nacional do Iguaçu, delimitação da bacia hidrográfica do rio Floriano.....	23
Figura 8 – Ordem ou hierarquia de bacias hidrográficas, conforme Horton(a) e Strahler(b)..	26
Figura 9 – Representação para os diversos critérios utilizados para determinar o comprimento da bacia de drenagem.....	28
Figura 10 – Método de mensuração da forma da bacia.....	29
Figura 11 – Delimitação da bacia hidrográfica do rio Floriano.....	33
Figura 12 – Modelo digital do terreno da bacia hidrográfica do rio Floriano .....	37
Figura 13 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica da bacia do rio Floriano.....	38
Figura 14 – Histograma Altimetria.....	39
Figura 15 – Mapa TIN da bacia Hidrográfica do rio Floriano.....	40
Figura 16 – Comparação Imagem TIN e Imagem SRTM.....	41
Figura 17 – Visualização aproximada da região classificada como Montanhosa.....	42
Figura 18 – Mapa de declividade representado em termos percentuais.....	43
Figura 19 – Histograma Declividade em termos percentuais.....	44
Figura 20 – Mapa de Orientação das Vertentes.....	45
Figura 21 – Histograma Orientação das Vertentes.....	46
Figura 22 – Mapa de Lineamento e Orientação das Vertentes.....	48
Figura 23 – Lineamento bacia hidrográfica do rio Floriano, rios principais.....	49
Figura 24 – Mapa de Classificação dos solos na bacia hidrográfica do rio Floriano.....	51
Figura 25 – Perfis topográficos.....	52
Figura 26 – Perfil topográfico 1.....	53
Figura 27 – Perfil topográfico 2.....	54
Figura 28 – Perfil topográfico 3.....	54

Figura 29 – Perfil topográfico 4.....	55
Figura 30 – Perfil topográfico 5.....	55
Figura 31 – Perfil topográfico 6.....	56
Figura 32 – Perfil Longitudinal.....	57
Figura 33 – Mapa de densidade da ocorrência de rios.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação Altura absoluta.....	10
Tabela 2 – Classificação Amplitude Altimétrica.....	10
Tabela 3 – Classificação de declividade em porcentagem.....	11
Tabela 4 – Classificação densidade de drenagem.....	16
Tabela 5 – Nomenclatura das classes – Primeiro Nível.....	16
Tabela 6 – Subordem de classes – Segundo Nível.....	18
Tabela 7 – Exemplos de definições utilizados para determinação do comprimento da bacia de drenagem.....	27
Tabela 8 – Parâmetros morfométricos.....	35

## **LISTA DE SIGLAS**

Cfa – Úmido em todas as estações, verão quente

Cfb – Úmido em todas as estações, verão moderadamente quente

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IAPAR – Empresa Agrônômica do Paraná

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

MDE – Modelo digital de elevação

NASA – National Aeronautics and Space

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

TIN – Triangulated Irregular Network

UTM – Universal Transversa de Mercato

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA</b> .....	3
2.1 MORFOMETRIA.....	3
2.2 PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU.....	3
2.3 BACIA HIDROGRÁFICA.....	7
<b>2.3.1 Abordagem legal que rege a gestão de recursos hídricos</b> .....	8
<b>2.3.2 Gestão de bacias hidrográficas</b> .....	8
<b>2.3.3 Principais elementos da caracterização física de bacias hidrográficas</b> .....	10
2.3.3.1 Altimetria.....	10
2.3.3.2 Declividade.....	11
2.3.3.3 Orientação das Vertentes.....	13
2.3.3.4 Padrões de drenagem.....	13
2.3.3.5 Lineamentos estruturais e falhas geológicas.....	15
2.3.3.6 Densidade de drenagem.....	15
2.3.3.7 Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.....	16
2.3.3.8 Perfis longitudinais.....	18
<b>3. MATERIAIS E METODOS</b> .....	20
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.2 METODOLOGIAS NUMÉRICAS UTILIZADAS PARA O LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS.....	24
<b>3.2.1 Metodologia Proposta por Villela &amp; Mattos (1975)</b> .....	24
3.2.1.1 Sinuosidade do curso d'água.....	24
3.2.1.2 Coeficiente de compacidade.....	24
3.2.1.3 Fator de Forma.....	25
<b>3.2.2 Metodologias propostas por Horton (1945) e Strahler (1952) apud Christofolletti, (1980)</b> .....	25
3.2.2.1 Hierarquia Fluvial.....	25
3.2.2.2 Comprimento do rio Principal.....	26
3.2.2.3 Extensão do percurso superficial.....	26
3.2.2.4 Área da bacia.....	27

3.2.2.5	Comprimento da bacia.....	27
3.2.2.6	Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia.....	28
3.2.2.7	Índice de circularidade.....	29
3.2.2.8	Densidade dos rios.....	29
3.2.2.9	Densidade de drenagem.....	30
3.2.2.10	Coeficiente de manutenção.....	30
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>32</b>
4.1	DELIMITAÇÃO DO RIO FLORIANO.....	32
4.2	LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FLORIANO.....	34
4.2.1	Altimetria.....	36
4.2.2	Declividade.....	41
4.2.3	Orientação das vertentes.....	44
4.2.4	Lineamentos estruturais e associações com vertentes.....	47
4.2.5	Classificação do solo.....	50
4.2.6	Perfis Topográficos.....	52
4.2.7	Perfil Longitudinal.....	56
4.2.8	Densidade.....	57
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>59</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Parque Nacional do Iguaçu é o segundo parque nacional criado no Brasil, é a unidade de conservação integral mais antiga do estado do Paraná, criado em 1939, pelo decreto nº 1.035. Fica localizado na região Oeste e Sudoeste do Paraná, e atualmente é coordenado pelo órgão federal Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), apresentando um importante remanescente de floresta atlântica da região Sul do Brasil (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2013).

Situada nos limites do parque, subentende-se que a bacia hidrográfica do rio Floriano possui um baixo grau de antropização, por ser uma área totalmente florestada. Atualmente vários estudos voltados à melhoria da qualidade ambiental, conservação dos recursos naturais e gestão de bacias hidrográficas tem se tornado interesse da comunidade científica, devido à importância que o tema tem apresentado.

As bacias hidrográficas atuam como sistemas abertos onde ocorre a entrada e a saída de energia, portanto, levantar informações e caracterizá-las é fundamental para manter um plano adequado de manejo, ou seja, estudos deste cunho permitem identificar e estimar a degradação destes ambientes em escalas locais e regionais, auxiliando em projetos de conservação e manejo.

A caracterização morfométrica é um dos principais procedimentos para entender e compreender os processos hidrológicos, a dinâmica ambiental e fornecer informações suficientes para gestão das mais diversas bacias hidrográficas.

A escolha do tema foi tomada em função da importância que o mesmo apresenta para a gestão e manejo adequado dos recursos naturais dentro do Parque Nacional do Iguaçu, já que uma gestão adequada contribui para a manutenção da biodiversidade da fauna e da flora. A caracterização morfométrica e morfológica da bacia hidrográfica do rio Floriano, portanto, possibilitará aos gestores do Parque Nacional compreender melhor o ciclo hidrológico e a sua relação com o meio ambiente. Outro aspecto que justifica a escolha do tema é a baixa quantidade de estudos de caracterização morfométrica publicados sobre essa região, aliado ao fato desta bacia hidrográfica estar totalmente localizada nos limites do Parque Nacional do Iguaçu, e possuir um alto nível de conservação.

Diante do exposto, este estudo tem como objetivo analisar as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Floriano, por meio de métodos de extração

automática de dados SRTM (Shuttle radar topography mission, 2000) processados em um SIG (Sistema de Informações Geográficas), além de interpretar a correlação dos resultados obtidos visando a melhor compreensão da estrutura e da dinâmica do meio físico da bacia hidrográfica em estudo e servir de base para estudos futuros.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Geomorfologia é uma ciência e de acordo com Florenzano (2008), estuda as formas do relevo, sua gênese, composição e a dinâmica que nele atua. Dentro da área de estudo dessa ciência, está inserido a Morfologia que ainda engloba outras duas características de estudos, a morfografia que compreende a descrição qualitativa das formas do relevo, e a morfometria que é a caracterização do relevo por meio de variáveis quantitativas.

### 2.1 MORFOMETRIA

É descrita por Florenzano (2008), como aspectos quantitativos do relevo e estão relacionadas a medidas de altura, comprimento, largura, superfície, volume, altura, inclinação (declividade), curvatura, orientação, densidade e frequência de suas formas. São utilizadas para as mais diversas finalidades principalmente para estudos geomorfológicos, mas também são amplamente utilizados para estudos geológicos, pedológicos, agrônômicos, geotécnicos e integrados do meio ambiente (na avaliação de fragilidade e vulnerabilidade dos ambientes). As variáveis mais disseminadas são: altitude (hipsometria), extensão da vertente, declividade e outros que indicam o grau de dissecação do relevo como densidade de drenagem ou a frequência de rios.

### 2.2 PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU

O Parque Nacional do Iguaçu foi à primeira Unidade de Proteção Integral na categoria Parque Nacional criado no estado do Paraná, e o segundo do Brasil. Encontra-se localizado na porção Oeste e Sudoeste do estado do Paraná, entre os paralelos de 25°05' e 25°40' de latitude Sul e os meridianos 54°30' e 54°40' de longitude Oeste (SALAMUNI *et al.*, 2002).

A figura 1 ilustra a localização do Parque Nacional do Iguaçu dentro do território Estadual, na porção Oeste e Sudoeste do estado do Paraná.



**Figura 1: Localização do Parque Nacional do Iguaçu.**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas**

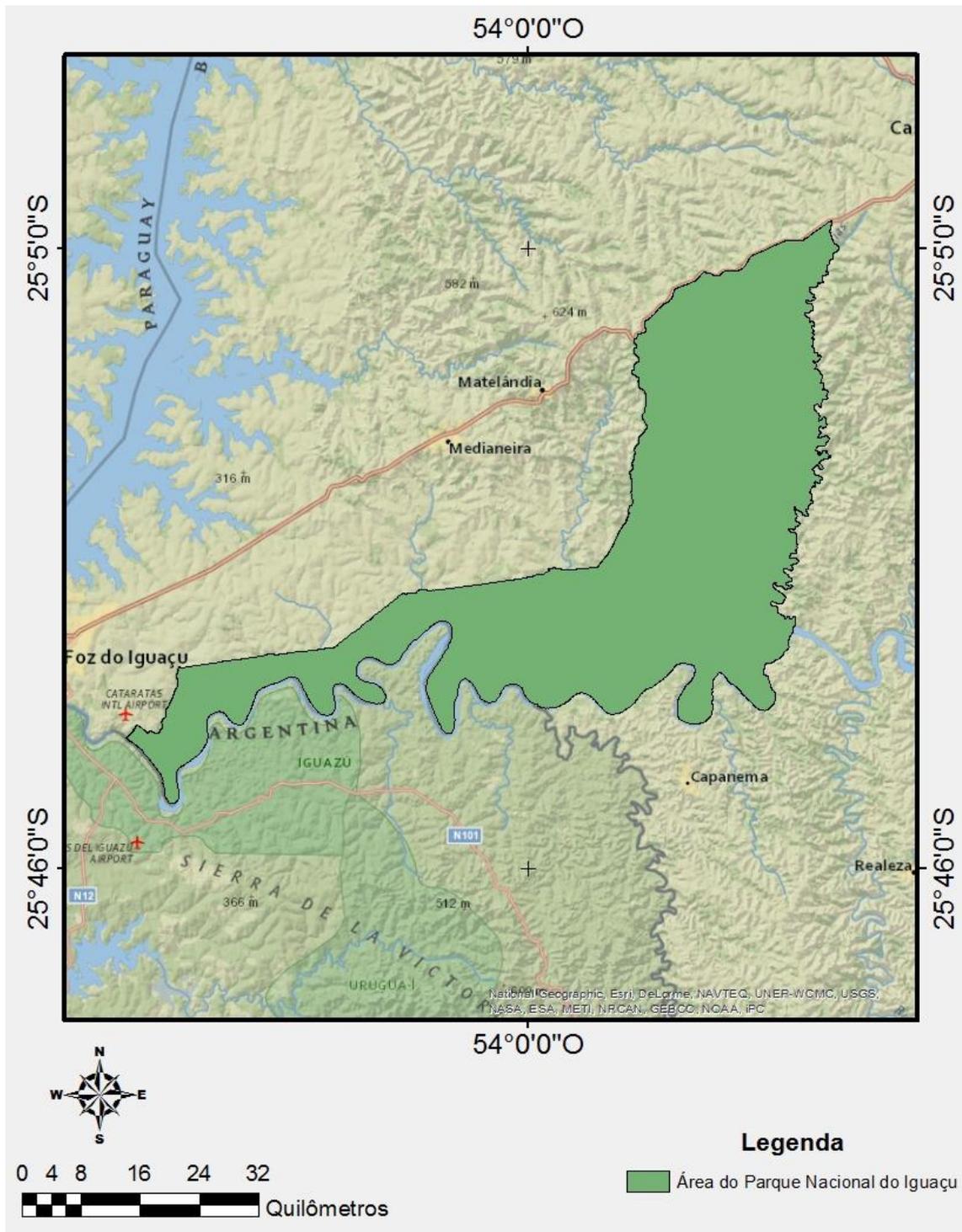
Conforme a Lei Federal nº9.985 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, Parque Nacional é uma unidade de proteção integral, com objetivo básico de preservação dos ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza

cênica. Possibilita a realização de pesquisas por meio de autorização prévia do órgão responsável pela administração e de atividades de educação ambiental além de recreação e turismo ecológico sujeito as normas e restrições estabelecidas no Plano de Manejo da unidade e às normas estabelecidas pelo órgão responsável.

O Parque Nacional do Iguaçu é coordenado pelo órgão federal Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, que é responsável por todas as unidades de conservação federais no Brasil. O parque concentra uma rica biodiversidade, abrigando o maior remanescente de floresta atlântica da região Sul do Brasil (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2013).

A região é composta por mata Ombrófila e Semidecídua. Segundo Brown (1987, apud TONHASCA JR. 2005), Ombrófila é uma típica floresta pluvial tropical sendo composta por árvores de grande porte. Já a floresta Semidecídua conforme Morellato & Haddad (2000), ocupam áreas superiores a 600 metros, que apresentam estação seca bem definida, a qual ocorre entre abril e setembro.

A figura 2 ilustra a área do Parque Nacional do Iguaçu, na porção Oeste e Sudoeste do estado do Paraná.



**Figura 2: Área do Parque Nacional do Iguazu.**

Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas

O Parque Nacional do Iguaçu apresenta um clima de transição, está localizado na fronteira entre o clima tropical, caracterizado pela ocorrência de duas estações chuvosas bem definidas, o clima é temperado, onde as chuvas encontram-se bem distribuídas ao longo de todo o ano, segundo a classificação de Koppen (1918), existe a ocorrência de um clima subtropical úmido, ou mesotérmico com verão quente pronunciado (Cfa) e úmido em todas as estações com verão moderadamente quente (Cfb) (MINISTÉRIO.../INSTITUTO..., 1999). A condição climática da região apresenta temperatura média anual de 21,4°C, sendo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro os mais quentes e os meses de junho, julho e agosto os meses mais frios do ano. Os níveis de precipitação na região apresentam média anual de 1831 mm, sendo os meses de outubro, dezembro, janeiro e maio os mais chuvosos de acordo com dados do ano de 1997, pelo IAPAR<sup>1</sup> (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1997).

### 2.3 BACIA HIDROGRÁFICA

As bacias hidrográficas são estudadas de acordo com a finalidade de cada pesquisador, assim os autores podem conceituar as bacias hidrográficas de vários pontos de vista.

Na visão de Tucci et al. (2009), as bacias hidrográficas demonstram uma dinâmica que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída denominado de exutório, essas bacias são compostas por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até um leito único no exutório.

Pensando do ponto de vista hidrológico, bacia hidrográfica é considerada por Rocha (1997), como sendo territórios, com uma rede de drenagem delimitada pelos divisores de águas superficiais e subterrâneas.

Bacia hidrográfica é definida por Garcez e Alvarez (1988), como um conjunto de áreas cujo escoamento mantém o nível de deflúvio em uma seção transversal do curso de água, medidas as áreas em projeção horizontal.

Com uma visão integrada a bacia hidrográfica é vista por Cunha et al. (2010), como sistemas abertos, sendo ligadas por divisores topográficos, formando uma rede onde cada

---

<sup>1</sup> Instituto Agrônomo do Paraná

bacia drena água, material sólido e dissolvido para um segmento fluvial, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório, ou oceano.

### **2.3.1 Abordagem Legal que Rege a Gestão de Recursos Hídricos**

Considerada uma legislação polêmica, o novo Código Florestal tem por finalidade dar proteção ao patrimônio ambiental, e é consolidado no princípio do desenvolvimento sustentável, fundado no compromisso soberano do país com a preservação das suas florestas e demais formas de vegetação nativa, bem como da biodiversidade, do solo, dos recursos hídricos, pensando no bem estar da população atual e das futuras gerações. O incentivo à pesquisa científica e tecnológica também está presente no novo Código Florestal, com motivações as problemáticas ambientais, na busca da inovação para o uso sustentável do solo e da água, a recuperação e preservação das florestas e demais formas de vegetações nativas (BRASIL, Lei nº 12.651, de 2012).

Essa preocupação com o patrimônio ambiental não é particularidade do novo código, o Brasil possui uma legislação abrangente e com políticas de gestão dos recursos naturais. A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, institui a Política Nacional do Meio Ambiente, que também incentiva a pesquisa de tecnologias voltadas ao uso racional e a proteção dos recursos ambientais a fim de preservar e garantir o desenvolvimento socioeconômico.

Grande parte das legislações ambientais se dá em torno dos recursos hídricos. Os princípios e normas fundamentais para a gestão de recursos hídricos no Brasil, são baseadas na Lei federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e define bacia hidrográfica como unidade territorial de gerenciamento e estudo (BRASIL, Lei nº 9.433, de 1997).

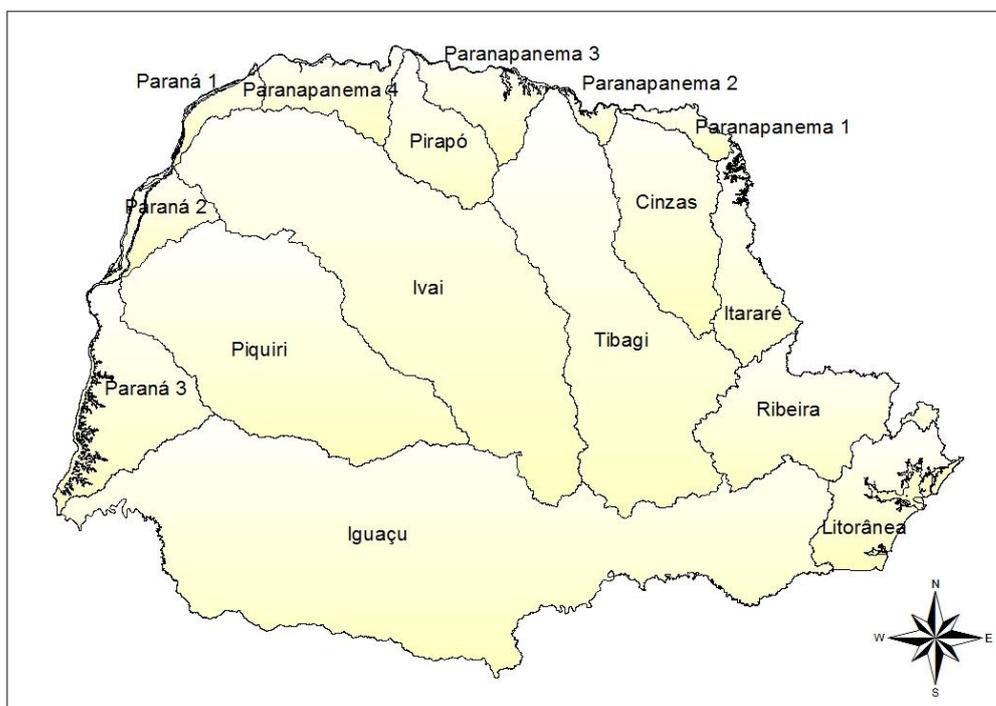
Já no Paraná é a Lei estadual nº 12.726, de novembro de 1999, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, a qual adota a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e aborda os usos múltiplos da água, assim como o reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável, além do reconhecimento do valor econômico da água e da gestão descentralizada e participativa (PARANÁ, Lei nº 12.726, de 1999).

### **2.3.2 Gestão de bacias hidrográficas**

Caracterização e análise do meio físico podem ajudar no entendimento de vulnerabilidade e fragilidade do meio ambiente, bem como no estabelecimento de legislação para sua ocupação e sua proteção. Neste contexto fica evidente a importância do esclarecimento por parte dos gestores e pesquisadores nos conceitos e definições de bacia hidrográfica.

No âmbito legal, o Paraná é dividido em 16 bacias hidrográficas que são instituídas pela resolução nº 024/2006/SEMA, conforme a figura 3.

A partir dessas bacias são definidas unidades hidrográficas, cuja extensão pertence à própria bacia hidrográfica na sua totalidade ou em parte, com a intenção de administrar e planejar os recursos hídricos em comunhão com outros órgãos competentes, em conformidade com a política nacional de recursos hídricos (resolução nº 024/2006/SEMA).



**Figura 3: Principais bacias hidrográficas do estado do Paraná.**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas**

De acordo com Cunha et al. (2010), existe uma importância dos estudos de natureza geomorfológica para o planejamento ambiental, na política, na sociedade e na economia. Com essa visão integrada observamos na Lei estadual nº12726, do estado do Paraná que aborda os recursos hídricos, seus princípios, que são baseados no reconhecimento de bacias

hidrográficas como unidades de planejamento, o reconhecimento do valor econômico da água e a gestão dessas unidades de planejamento que deve ser descentralizado.

### 2.3.3 Principais elementos da caracterização física de bacias hidrográficas.

#### 2.3.3.1 Altimetria

Altura absoluta do relevo, ou também, altura relativa ao nível do mar (Ross, 1996, apud Florenzano, 2008). Pode ser classificado como:

**Tabela 1:** Classificação Altura absoluta

Altura Absoluta (altitude absoluta dominante da unidade do relevo)	Muito baixa - < 100 m
	Baixa – 100 m a 300 m
	Média – 300 m a 600 m
	Alta – 600 m a 1.000 m
	Muito Alta - > 1.000 m

Fonte : Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias atuais (ROSS, 1996, apud FLORENZANO, 2008).

Popularmente conhecida como desnível, a amplitude altimétrica é descrita por Ross (1996 apud FLORENZANO, 2008), como a diferença entre a cota máxima (topo) e a cota mínima (fundo do vale), é a altura relativa do relevo e é classificada como:

**Tabela 2:** Classificação Amplitude Altimétrica

Amplitude Altimétrica (Amplitude altimétrica média da unidade de relevo)	Muito baixa - < 20 m
	Baixa – 20 m a 40 m
	Média – 40 m a 60 m
	Alta – 100 m a 200 m
	Muito Alta - > 200 m

Fonte : Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias atuais (ROSS, 1996, apud FLORENZANO, 2008).

Esse parâmetro varia conforme a extensão total de uma bacia hidrográfica, tendendo ser maior quanto maior a extensão territorial da bacia.

### 2.3.3.2 Declividade

Florenzano (2008) descreve a declividade como sendo o ângulo de inclinação de uma superfície relacionada ao plano horizontal, podendo ainda ser expressa em graus ou em porcentagem.

A declividade fornece dados importantes que podem ser utilizados para projetos e estudos de conservação das bacias hidrográficas, Wicander et al. (2009) considera a declividade como maior causa da movimentação gravitacional de massa, tratando as encostas mais íngremes como aquelas com maior probabilidade de movimento gravitacional de massa, assim as encostas mais íngremes são consideradas mais instáveis enquanto que as encostas mais suaves são consideradas mais estáveis, e menos susceptíveis a movimentos gravitacionais de massa.

Silva et al. (2007), afirmam que associado ao ângulo de inclinação da encosta atuam outros fatores aos processos erosivos, de forma e magnitude variável, conforme o local da ocorrência, dentre esses fatores destacam-se o solo, o embasamento geológico, o clima, a topografia e a cobertura e manejo do solo.

Para representar cartograficamente a declividade em um mapa temático são utilizados classes como agrupamento de intervalos que podem variar conforme a necessidade do trabalho e da área em estudo.

Uma das mais disseminadas classificações do relevo foi desenvolvida pela Embrapa<sup>2</sup> em 1999, para qualificar as condições de declividade, com a finalidade de prover informações sobre a praticabilidade de empregar máquinas agrícolas, e facilitar inferências sobre suscetibilidade dos solos à erosão (EMPRESA..., 2006).

**Tabela 3:** Classificação de declividade em porcentagem.

<b>Classe do relevo</b>	<b>Descrição</b>
Plano	Superfície topográfica com desnivelamentos muito pequenos variando de 0 a 3%.
Suave ondulado	Superfície de topografia com declives suaves, variando de 3 a 8%.

<sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

---

Ondulado	Superfície topográfica com declives moderados, que variam de 8 a 20%.
Forte Ondulado	Superfície topográfica com declividades fortes, variáveis de 20 a 45%.
Montanhoso	Superfície topográfica som desnível relativamente grande, variáveis de 45 a 75%.
Escarpado	Compreende superfícies muito íngremes e escarpamentos, usualmente ultrapassando 75%.

---

Fonte: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA..., 2006).

A declividade na grande maioria das vezes é representada em porcentagem, que é obtida através da relação trigonométrica:

$$\text{Tangente } \alpha = \frac{\text{Cateto Oposto}}{\text{Cateto Adjacente}}$$

Sendo assim o valor absoluto de 100% de declividade é equivalente ao ângulo ( $\alpha$ ) de 45° de inclinação (SILVEIRA et al., 2006) conforme a figura 4.

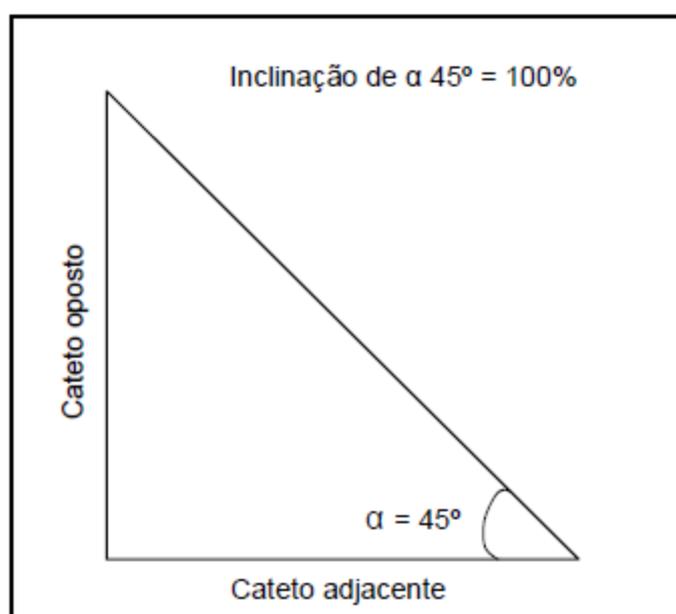


Figura 4: Representação da vertente no triângulo retângulo pela correlação trigonométrica para calcular o ângulo de inclinação.

Fonte: SILVEIRA, et al., 2006.

#### 2.3.3.3 Orientação das Vertentes

A orientação das vertentes é um dado topográfico interessante para análise, segundo Florenzano (2008), a orientação das vertentes é a direção azimutal esperada do escoamento superficial, medida em ângulo horizontal em relação ao Norte geográfico que corresponde a  $0^\circ$  (ou  $360^\circ$ ), no sentido horário, ou seja, a direção do escoamento será comparada ao sentido semelhante ao de uma bússola, onde  $0^\circ$  equivale ao Norte,  $90^\circ$  ao Leste,  $180^\circ$  ao Sul e  $270^\circ$  compreende a direção Oeste.

Conforme Machado e Lima (2013), em áreas planas a orientação das vertentes é de difícil determinação já que nesse caso o módulo da declividade é nulo ou quase nulo e a orientação das vertentes não determina um caminhamento esperado de escoamento.

A orientação de vertentes é fundamentada no alinhamento do terreno em relação a incidência de luz solar, relacionando-se ao grau de sombreamento ou iluminação do terreno para classificar locais mais propícios para o desenvolvimento de determinada vegetação (BISPO, et al., 2010).

#### 2.3.3.4 Padrões de drenagem

Dentro das bacias de drenagem, Teixeira et al. (2009) entendem que em função do tipo de rocha e das estruturas geológicas é possível observar padrões de drenagem, que em muitos casos são facilmente identificados, mas em contra ponto, outras bacias possuem mudanças no seu padrão de drenagem ao longo da extensão de seus limites, os quais podem receber denominações específicas.

Os padrões de drenagem mais comuns são dendrítico, retangular, treliça, paralela, radial centrífuga, radial centrípeta e Anelar. Esses padrões, na maioria das vezes estão diretamente associados aos diferentes controles estruturais que a litologia e geomorfologia local pode oferecer.

A figura 5 demonstra as principais características dos padrões de drenagem mais comuns que podem se desenvolver sobre os terrenos.

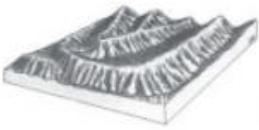
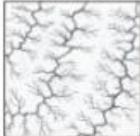
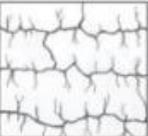
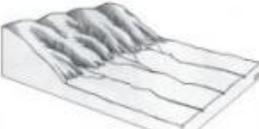
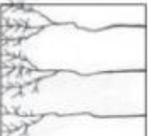
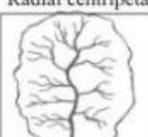
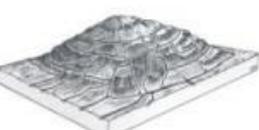
Morfologia do terreno	Padrão Geométrico	Características principais
	<b>Dendritico</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ramos irregulares com origem em diversas direções;</li> <li>- Variados ângulos de junção entre o canal principal e tributários;</li> <li>- Desenvolve-se sobre rochas de resistência uniforme ou de estratificação horizontal, portanto o canal consequente é ausente;</li> <li>- Ausência de controle estrutural. O declive é o fator controlador;</li> <li>- Pode ser associado a rochas que sofreram intenso metamorfismo.</li> </ul>
	<b>Retangular</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresenta curvas e áreas de confluência em ângulos quase retos;</li> <li>- Forte adaptação às condições estruturais e tectônicas;</li> <li>- As linhas de drenagem seguem linhas de fraqueza (falhas/fraturas);</li> <li>- Juntas e falhas das rochas em ângulo reto;</li> <li>- Apresenta áreas dobradas em rochas metamórficas ou sedimentares.</li> </ul>
	<b>Treliça</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tributário secundário paralelo ao canal principal ou outro canal para qual o tributário primário conflui. Tributário secundário alongado e em ângulo reto em relação ao primário;</li> <li>- Intermediário em relação ao padrão dendritico e o retangular;</li> <li>- Canais subseqüentes são ligados por resseqüentes ou obseqüentes;</li> <li>- Ligado a rochas sedimentares, vulcânicas ou metassedimentares de baixo grau, inclinadas ou dobradas;</li> <li>- Característico de estratos dobrados ou basculados, e em planície costeira dissecada;</li> <li>- Pode estar associado a área de fraturas paralelas.</li> </ul>
	<b>Paralela</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drenagem ramificada com espaçamento regular entre os canais e paralelismo entre estes, devido ao controle estrutural;</li> <li>- Controle por declive devido a feições paralelas controladas por estruturas dobradas, falhadas ou estruturas monoclinais;</li> <li>- Presente em lados de vales jovens, lagos ou mares fechados, além de escarpas de falha.</li> </ul>
	<b>Radial centrifuga</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radial centrifuga: os canais irradiam de um ponto central;</li> <li>- Associada a domos, montanhas (cones vulcânicos, maciços residuais e morros isolados);</li> </ul>
	<b>Radial centripeta</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radial centripeta: os canais convergem para um ponto em comum;</li> <li>- Associada a crateras vulcânicas e depressões topográficas;</li> <li>- Os dois tipos de padrão radial se desenvolvem em diferentes embasamentos e estruturas.</li> </ul>
	<b>Anelar</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A forma apresenta-se semelhante a um anel;</li> <li>- Subseqüente em origem, associado a relevos concêntricos, a domos dissecados ou estruturas em bacias;</li> <li>- Desenvolvem-se quando os estratos rochosos apresentam diferentes graus de resistência.</li> <li>- Maior influência da estrutura em relação ao declive;</li> <li>- O declive só controla o curso inicial do canal;</li> <li>- Estrutura e declive ajustam o curso da maturidade do canal.</li> </ul>

Figura 5 - Padrões de drenagem básicos.

Fonte: Adaptado de Shumm (1971), Howard (1967) e Suertegaray et al. (2003), apud, elaborado por Andrades Filho (2010)

### 2.3.3.5 Lineamentos estruturais e falhas geológicas

Lineamentos estruturais e falhamentos geológicos, em sensoriamento remoto são conceitos diferentes devido aos seguintes fatores:

Ao longo de toda sua extensão tectônica, que afetam uma determinada área, os lineamentos não se restringem a apenas um tipo de movimento tectônico, já zonas de falha podem dar origem a vários lineamentos paralelos a subparalelos, ou vice-versa, ou seja, várias fraturas integradas a uma zona de falha podem originar apenas um lineamento distinguível nos produtos de sensoriamento remoto (VENEZIANI, 1987, apud, CORRÊA e FONSÊCA, 2010).

Para Popp (2010), falhas geológicas ou falhamentos são fraturas ocorrentes nas rochas em virtude da movimentação de blocos. As evidências desse processo de deslocamento de blocos são observadas na superfície da falha, formando uma superfície com linha resultante da interseção do plano de falha com a superfície do terreno.

O conceito de lineamento proposto por Etchebehere, Saad & Fulfaro (2007, apud CORRÊA e FONSÊCA, 2010), define lineamentos sendo "feições lineares topográficas ou tonais observáveis nas imagens fotográficas, que podem representar discontinuidades estruturais".

### 2.3.3.6 Densidade de drenagem

Denominada como comprimento dos canais de drenagem por unidade de área (FIOREZZANO, 2008). A relação entre parâmetros morfométricos e a ocorrência de determinados tipos de processos naturais pode levantar modelos de evolução da paisagem. Silva et al. (2009), descreve a densidade de drenagem a partir de duas funções distintas de seu estudo:

1. É resposta aos controles exercidos pelo clima, vegetação, litologia e outras características da área drenada;
2. É fator que influencia o escoamento e o transporte sedimentar na bacia de drenagem.

Conforme Ross (1996 apud FLORENZANO, 2008), a tabela 4 apresenta a classificação para a densidade de drenagem:

**Tabela 4:** Classificação densidade de drenagem.

Densidade de drenagem (densidade de drenagem da unidade de relevo, comprimento total dos canais pela área da unidade)	Muito baixa - < 0,5
	Baixa – 0,5 a 3,0
	Média – 3,0 a 7,5
	Alta 7,5 a 20
	Muito Alta - > 20

Fonte : Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias atuais (ROSS, 1996, apud FLORENZANO, 2008).

#### 2.3.3.7 Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

Os níveis categóricos do sistema de classificação de solos são um conjunto de classes definidas segundo atributos diagnosticados em um mesmo nível de generalização, incluindo todos os solos que satisfazem essa definição. O sistema de classificação brasileiro separa os solos em seis níveis categóricos descritos como: 1º nível categórico (ordens), 2º nível categórico (subordens), 3º nível categórico (grandes grupos), 4º nível categórico (subgrupos), 5º nível categórico (famílias) e 6º nível categórico (séries). neste trabalho será abordada apenas a 1º e 2º categoria para a classificação.

As classes do 1º nível categórico são separadas pela presença ou ausência de determinados atributos, horizontes diagnósticos ou propriedades que são passíveis de serem identificadas no campo mostrando diferenças no tipo e grau de desenvolvimento dos processos que atuaram na formação do solo.

O sistema Brasileiro de classificação de solos descreve treze (13) classes de solo no 1º nível categórico de acordo com o elemento de origem, apresentadas no quadro a seguir.

**Tabela 5:** Nomenclatura das classes – Primeiro nível.

Classe	Elemento Formativo	Termos de conotação e de memorização
ARIGOSSOLO	ARGI	“Argila”. Acumulação de argila Tb ou Ta (baixa ou alta atividade da fração argila), dessaturado de bases.

CAMBISSOLO	CAMBI	“Cambiarre”, trocar ou mudar. Horizonte B incipiente.
CHERNOSSOLO	CHERNO	Preto, rico em bases
ESPODOSSOLO	ESPODO	“Spodos”, cinza vegetal. Horizonte B espódico.
GLEISSOLO	GLEI	Glei. Horizonte glei.
LATOSSOLO	LATO	“Lat”, material muito alterado. Horizonte B latossólico
LUVISSOLO	LUVI	“Luere”, iluvial. Acumulação de argila com alta saturação por bases e Ta.
NEOSSOLO	NEO	Novo. Pouco desenvolvido genético.
NITOSSOLO	NITO	“Nitidus”, brilhante. Horizonte B nítico.
ORGANOSSOLO	ORGANO	Orgânico. Horizonte H ou O hístico.
PLANOSSOLO	PLANO	“Planus”. Horizonte B plânico.
PLINTOSSOLO	PLINTO	“Plinthus”. Horizonte plíntico.
VERTISSOLO	VERTI	“Vertere”, inverter. Horizonte vértico.

Fonte: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA..., 2006).

Segundo os conceitos de classificação para as classes da 1º ordem abordamos apenas quatro neste trabalho (GLEISSOLOS, LATOSSOLOS, NEOSSOLOS E NITOSSOLOS).

GLEISSOLOS são solos hidromórficos, constituídos de material mineral, geralmente bem saturado durante o ano todo ou por longos períodos, sendo normalmente mal drenados. Estes solos apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas devido à gleilização, são formados principalmente a partir de sedimentos, normalmente encontrados em sedimentos recentes nas proximidades de cursos d’água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, podendo formar-se em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, como também em materiais residuais em áreas abaciadas e depressões. São solos que ocorrem sob vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea (EMPRESA..., 2006).

LATOSSOLOS são solos constituídos por material mineral, apresentam elevado estágio de intemperização, muito evoluídos, com poucos minerais primários e secundários sendo menos resistentes ao intemperismo, variam de fortemente a bem drenados, apresentam coloração variando desde amarela ou mesmo bruno-acinzentada até vermelho-escuro-acinzentada, em geral são ácidos e com baixa saturação de bases. Típicos de regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas sub- tropicais, em locais de antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais, normalmente em relevo plano a ondulado. Originados

a partir das mais diversas espécies de rochas e sedimentos, sob condições de clima e tipos de vegetação dos mais diversos (EMPRESA..., 2006).

NEOSSOLOS são constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso com baixa alteração do material de origem devido à baixa atuação de processos pedogenéticos (EMPRESA..., 2006). Bhering e Santos (2008) descrevem que este tipo de solo é normalmente encontrado em relevos desde suave ondulado até montanhoso, sob vegetação de floresta subtropical subperenifólia e tropical subperenifólia e subcaducifólia.

NITOSSOLOS são formados por material mineral de textura argilosa ou muito argilosa, profundos, bem drenados e com coloração variando de vermelho a brunada. (EMPRESA..., 2006). Para Bhering e Santos (2008) este solo é encontrado em relevos que variam de suave ondulado a montanhoso, sob floresta subtropical subperenifólia e tropical subperenifólia.

Seguindo a descrição das quatro classes do 1º nível agora também para o 2º nível categórico, apresentados na tabela 6.

**Tabela 6:** Subordem de classes – Segundo nível.

ORDEM	SUBORDEMS
GLEISSOLOS	TIOMÓRFICOS, SÁLICOS, MELÂNICOS e HÁPLICOS
LATOSSOLOS	BRUNOS, AMARELOS, VERMELHOS, VERMELHO-AMARELOS
NEOSSOLOS	LITÓLICOS, FLÚVICOS, REGOLÍTICOS e QUARTZARÊNICOS
NITOSSOLOS	BRUNOS, VERMELHOS e HÁPLICOS

Fonte: EMPRESA..., 2006.

A cobertura pedológica, representada pelo conjunto de níveis de classificação apresentados, auxilia a correlação que possa existir entre padrões de relevo, geologia, declividade, clima e os solos.

#### 2.3.2.8 Perfis Longitudinais

O perfil longitudinal representa a declividade ou gradiente do rio ao longo do seu curso, pela representação gráfica da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso de água. O perfil característico é côncavo para cima, com declividades

mais elevadas no setor de montante decrescendo gradativamente em direção a jusante da bacia, sendo que, rios que apresentem perfil desta forma são considerados como equilibrados (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Pode ser elaborado com gráficos de coordenadas cartesianas em escala aritmética ou logarítmica, segundo Richards (1982), apud Fujita et al., (2011) entende que o perfil longitudinal representa as influências geológicas, tectônicas e de mudanças de nível e influência diretamente nos processos fluviais de erosão, deposição e transporte de massa.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Uma parceria com NASA<sup>3</sup> e outras entidades, deu origem ao projeto *Shuttler Radar Topography Mission*, popularmente disseminado como projeto SRTM, que em fevereiro de 2000, obteve dados para a geração de modelo digital de elevação (MDE) interferométrico para 80% do globo. O MDE consiste na representação de dados topográficos passíveis de tratamento em sistemas de informações geográficas (SIG), (RABUS, 2003 apud ANDRADES FILHO, 2010).

Para concretização deste trabalho se fez uso de dados SRTM e dados vetorizados de drenagem e curvas de nível concedidos pela instituição gestora do Parque Nacional do Iguaçu (em escala 1:50.000) e de outros dados obtidos referentes aos falhamentos geológicos na região Oeste e Sudoeste do Paraná (arquivos shapefile da folha de Foz do Iguaçu e folha de Guaraniaçu em escala 1:250.000, disponibilizados publicamente no site da MINEROPAR<sup>4</sup>) e também o arquivo Uso do Solo que refere-se a classificação do solo na região paranaense (Arquivo shapefile na escala 1:600.000, EMPRESA..., 1981).

Os dados foram processados e analisados pelos softwares ArcGis 10.1, software Global Mapper e Software Surfer.

O software Global Mapper foi utilizado apenas para o recorte de imagens SRTM, e o software Surfer, exclusivamente para a geração da figura 12: Modelo de elevação digital do terreno da bacia do rio Floriano.

O Software ArcGis 10.1 foi utilizado para o processamento, transformação, análise e confecção dos mapas. Para reproduzir os mapas utilizou-se as ferramentas do ArcToolbox (análise espacial e análise 3D basicamente) no software ArcGis 10.1 e para confecção dos mapas e aferição numérica dos dados utilizou-se o sistema de coordenadas planas UTM Zona 22, hemisfério Sul, e o sistema de coordenadas geográficas Datum SAD69\_BR. Através do ArcGis 10.1 também foram realizadas análises de medição de variáveis geométricas e altimétricas.

---

<sup>3</sup> National Aeronautics and Space Administration

<sup>4</sup> <http://www.mineropar.pr.gov.br>

A partir das medições e análises morfométricas pelo software, fez se a obtenção manual de alguns parâmetros através de equações matemáticas devidamente fundamentadas neste trabalho.

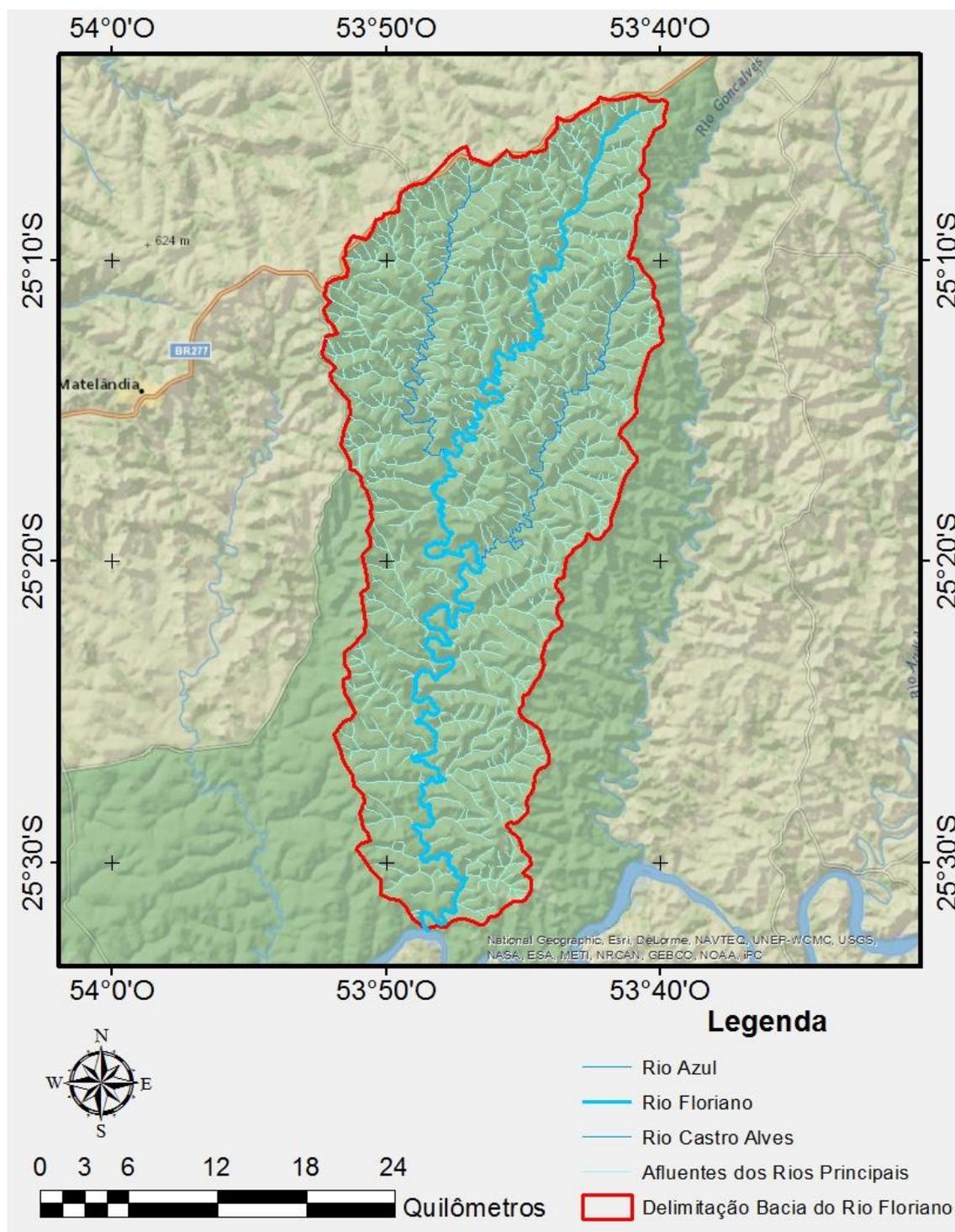
Os softwares citados permitem a entrada, o armazenamento, o tratamento, o processamento, a integração, a recuperação, a transformação, a manipulação, a modelagem, a atualização, a análise e a exibição de informações geográficas sendo de fundamental importância para o trabalho.

### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Floriano que está situada nos limites do Parque Nacional do Iguaçu nas regiões Oeste e Sudoeste do estado do Paraná.

O rio Floriano é considerado um rio com baixa interferência antrópica na sua dinâmica natural, este possui sua extensão total dentro da área do Parque Nacional do Iguaçu e deságua em uma das maiores bacias de drenagem do Paraná e do Brasil, a bacia hidrográfica do rio Iguaçu.

As figuras 6 e 7 foram geradas através do software ArcGis10.1, afim de melhor representação da localização da área de estudo.



**Figura 6:** Delimitação da bacia hidrográfica do rio Floriano.

**Fonte:** Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal` Maso Lucas

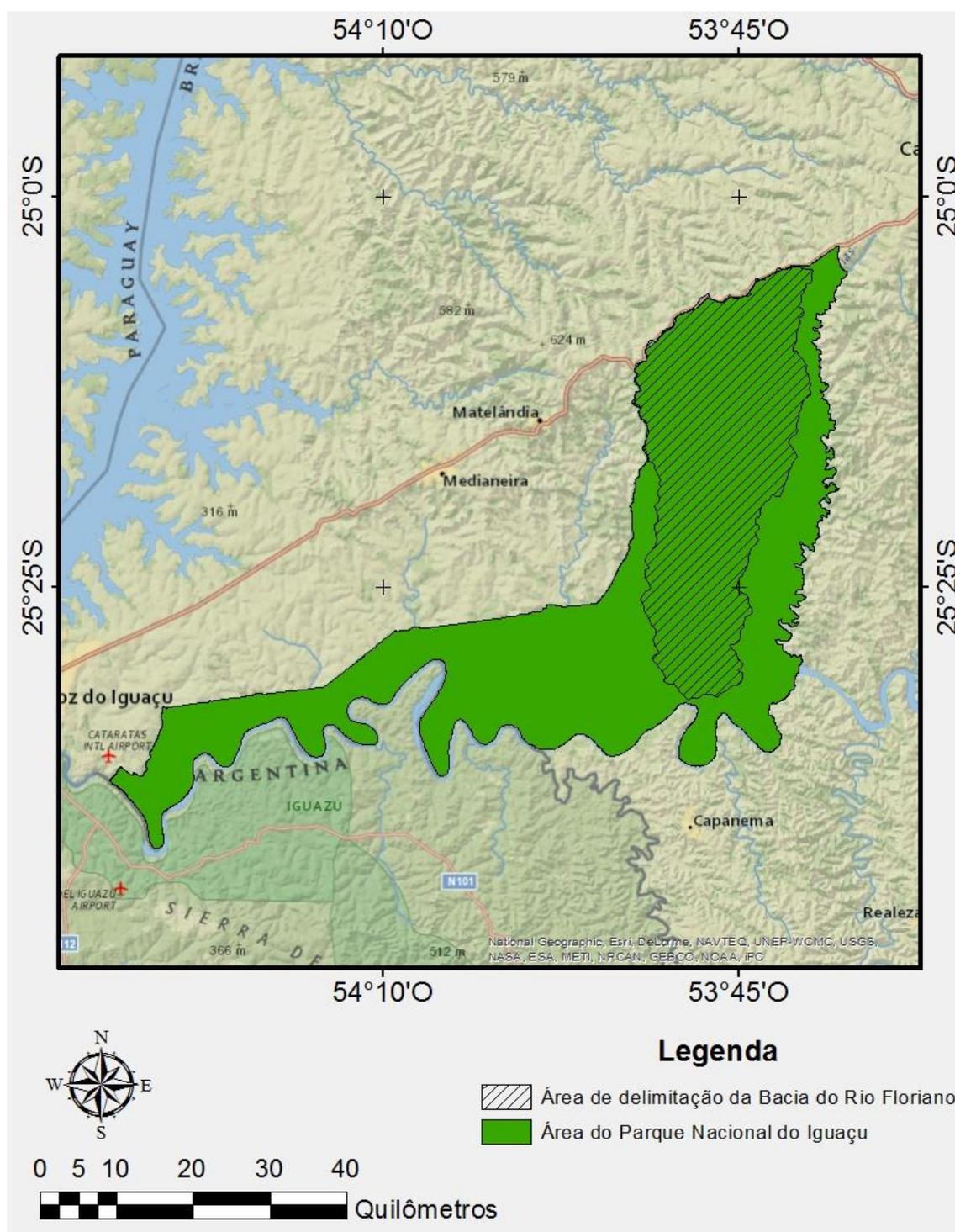


Figura 7: Área do Parque Nacional do Iguaçu, delimitação da bacia hidrográfica do rio Floriano.

Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal` Maso Lucas

## 3.2 METODOLOGIAS NUMÉRICAS UTILIZADAS PARA O LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS

Para identificação e análise dos parâmetros morfométricos utilizou-se metodologia proposta por Villela & Mattos (1975) e metodologia proposta por Horton (1945) e Strahler (1952) apud Christofletti, (1980).

### 3.2.1 Metodologia proposta por Villela e Mattos (1975)

#### 3.2.1.1 Sinuosidade do Curso d'água

Representa a relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento de um talvegue. A sinuosidade é um fator controlador da velocidade de escoamento.

$$\text{Sin} = \frac{L}{L_t}$$

Onde:

Sin: sinuosidade do curso d'água

L: comprimento do rio principal

$L_t$ : comprimento de talvegue

#### 3.2.1.2 Coeficiente de Compacidade

É a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual da bacia, conforme a expressão matemática:

$$K_c = \frac{0,28P}{A^{1/2}}$$

Onde:

P = Perímetro em km

A = Área da bacia em km<sup>2</sup>

### 3.2.1.3 Fator de Forma

Relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia, pode ser expressa matematicamente com a seguinte equação:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Onde:

A = Área da bacia em km<sup>2</sup>

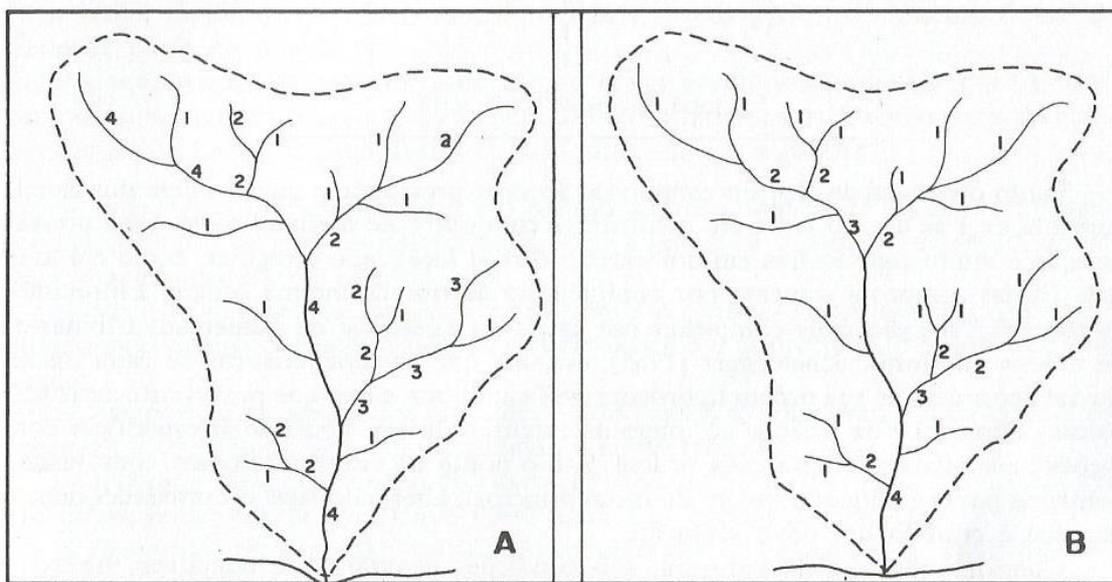
L = Comprimento axial da bacia km

## 3.2.2 Metodologias propostas por Horton (1945) e Strahler (1952) apud Christofolletti, (1980).

### 3.2.2.1 Hierarquia fluvial

É o processo de classificação dos cursos de água, no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isso é realizado com a função de tornar mais objetivo os estudos morfométricos sobre as bacias hidrográficas, os modelos mais difundidos são os propostos por Horton (1945) e o proposto por Strahler (1952). O presente trabalho pretende encontrar a ordem hierárquica da bacia hidrográfica.

A figura 8 ilustra um exemplo dos modelos de hierarquia mais conhecidos.



**Figura 8: Ordem ou hierarquia das bacias hidrográficas, conforme Horton (a) e Strahler (b).**

**Fonte: Christofolletti, 1980.**

### 3.2.2.2 Comprimento do rio principal

É a distância desde a nascente até a foz do rio principal, de acordo com a classificação de ordem ou hierarquia fluvial, descrita por Horton (1945) ou Strahler (1952).

### 3.2.2.3 Extensão do percurso superficial:

Parâmetro importante para estudos hidrológicos e fisiográficos das bacias de drenagem. É a distância média percorrida pela água entre o interflúvio e o canal permanente. É calculado pela expressão matemática:

$$E_{ps} = \frac{1}{2Dd}$$

Onde;

$E_{ps}$  = extensão do percurso superficial

Dd = valor de densidade de drenagem

### 3.2.2.4 Área da bacia

Refere-se em sua totalidade a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em um plano horizontal.

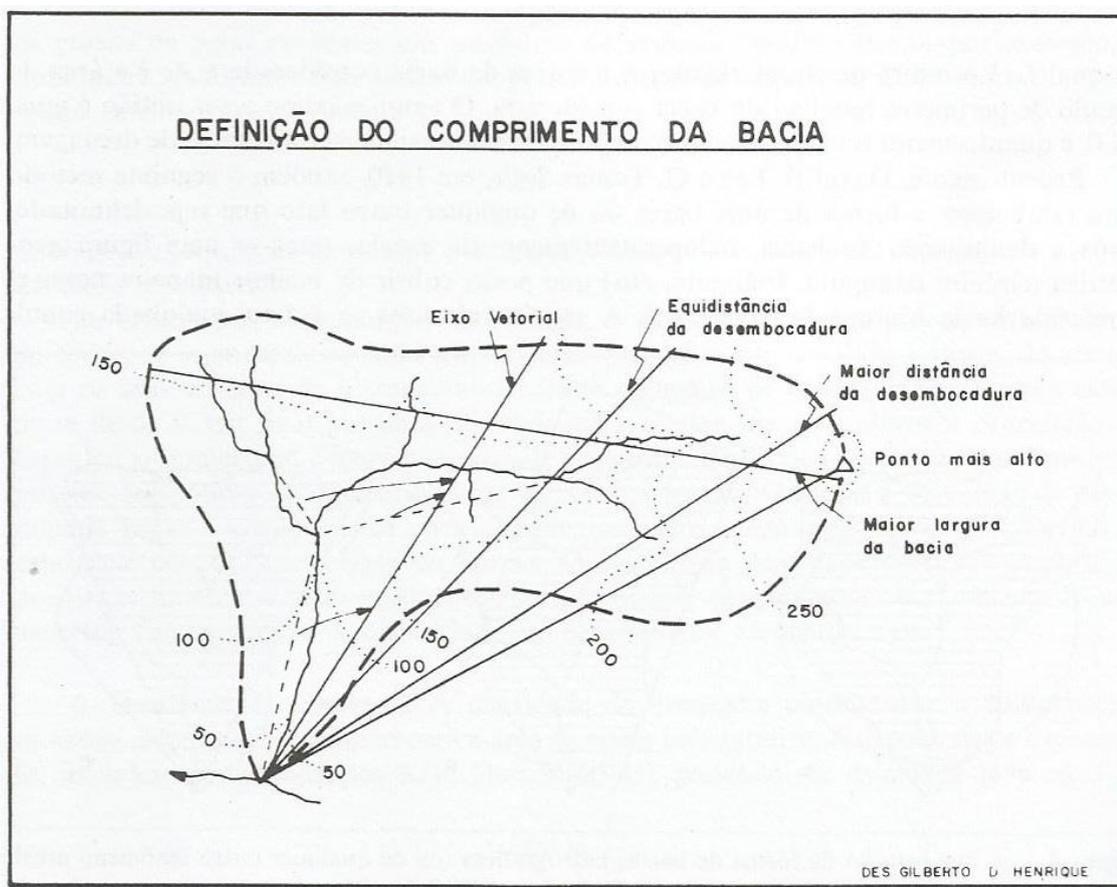
### 3.2.2.5 Comprimento da bacia

Podem ser atribuídos vários critérios para definição de comprimento de bacias, resultando em valores diversos. Na tabela 7, estão descritas alguns exemplos de definições para determinação do comprimento da bacia.

**Tabela 7:** Exemplos de definições utilizados para determinação do comprimento da bacia de drenagem.

Definições do comprimento da bacia	
Equidistância de desembocadura	Distância medida em linha reta entre a foz e determinado ponto do perímetro, que assinala equidistância no comprimento do perímetro entre a foz e ele. O ponto mencionado representa, então, a metade da distância correspondente ao comprimento total do perímetro;
Maior distância de desembocadura	Maior distância medida, linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro;
Ponto mais alto	Distância medida em linha reta, entre a foz e o mais alto ponto situado ao longo do perímetro;
Maior largura da bacia	Distância medida em linha reta acompanhando paralelamente o rio principal.

Fonte: Geomorfologia (CHRISTOFOLETTI, 1980).



**Figura 9:** Representação para os diversos critérios utilizados para determinar o comprimento da bacia de drenagem.

**Fonte:** Christofolletti, 1980.

### 3.2.2.6 Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia

Proposto primeiramente por Hack 1957. Esse índice permite que o comprimento geométrico do curso de água principal possa ser calculado conforme a seguinte expressão matemática. (CHRISTOFOLETTI, 1980).

$$L = 1,5 \times A^{0,6}$$

Onde;

L = comprimento do rio principal, em km

A = área da bacia, em km<sup>2</sup>

### 3.2.2.7: Índice de Circularidade

Com a finalidade de cessar a subjetividade na caracterização da forma das bacias, são propostos alguns processos. O processo representado com a letra A, pela figura 8 é denominado *índice de circularidade*, foi desenvolvido por Miller em 1953, é a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro, o maior valor a ser obtido é 1, e quanto mais próximo desse valor, mais próxima da forma circular estará a bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980), além do que bacias circulares apresentam maior tendência de apresentarem picos de vazão mais elevados.

O índice de circularidade é obtido conforme a equação:

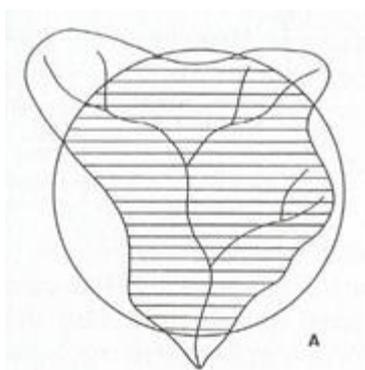
$$I_c = \frac{A}{A_c}$$

Onde;

$I_c$  = índice de circularidade

$A$  = área da bacia considerada

$A_c$  = área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada



**Figura 10: Método de mensuração da forma da bacia**

**Fonte: Christofolletti, 1980.**

### 3.2.2.8 Densidade dos rios

Compreende uma relação entre a área de determinada bacia hidrográfica e a quantidade numérica de rios, sua finalidade é comparar a quantidade de cursos de água

presentes em uma área de tamanho padrão. Esse parâmetro representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais que é a capacidade de gerar novos cursos de água.

$$D_r = \frac{n}{A}$$

Onde;

$D_r$  = densidade dos rios

$n$  = número total de rios

$A$  = área da referida bacia

### 3.2.2.9 Densidade de drenagem

Correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica, assim apresenta uma relação inversa com a do comprimento dos rios, de acordo com o aumento do valor numérico da densidade ocorre à diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem;

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

Onde;

$D_d$  = densidade de drenagem

$L_t$  = comprimento total dos canais

$A$  = área da bacia

### 3.2.2.10 Coeficiente de manutenção

Tem o propósito de a menor área necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Esse parâmetro pode ser obtido pela seguinte equação:

$$C_m = \frac{1}{A}$$

Dd
----

Onde;

$Cm$  = coeficiente de manutenção

$Dd$  = densidade de drenagem

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

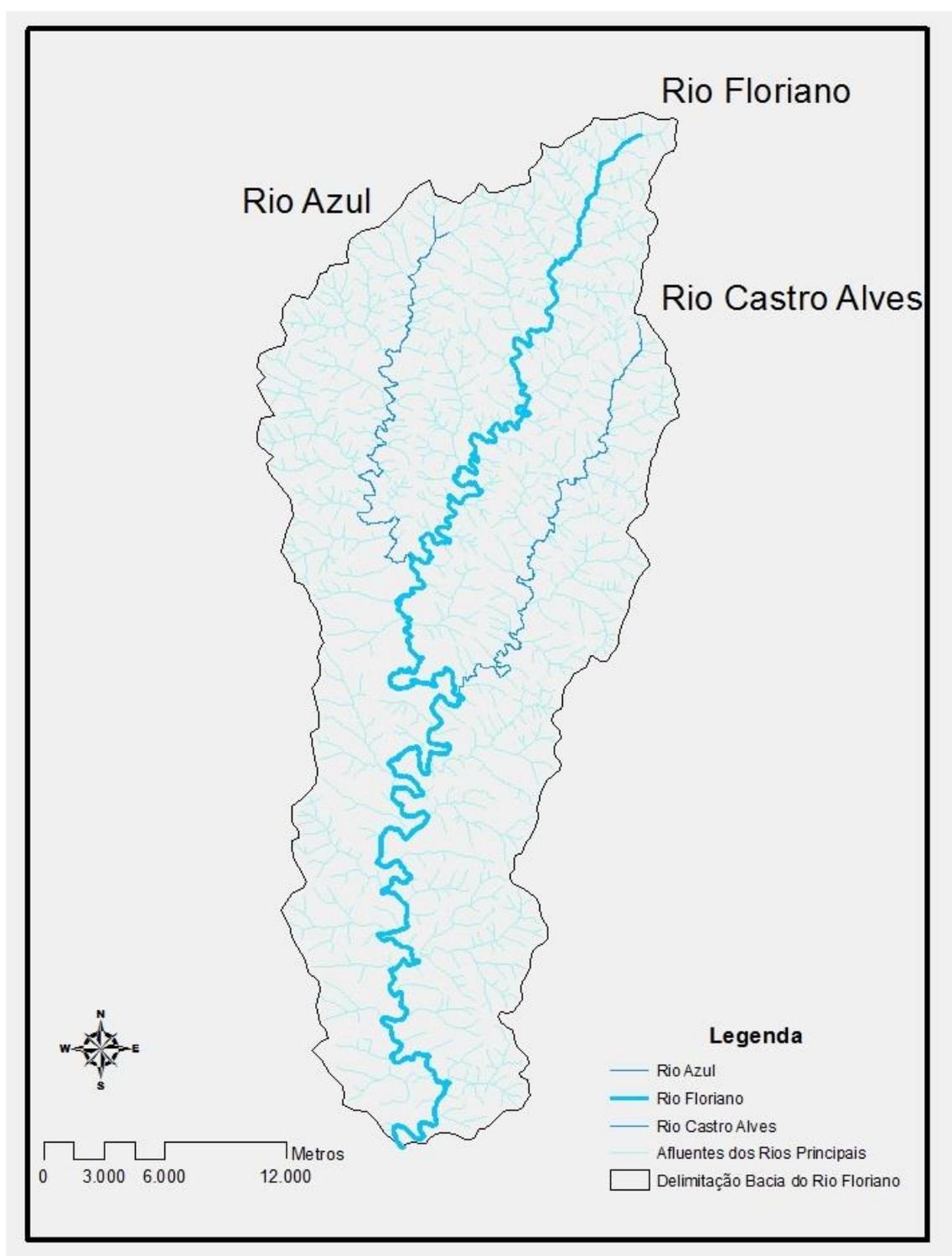
### 4.1 DELIMITAÇÃO DO RIO FLORIANO

A delimitação da bacia do rio Floriano é necessária para o cálculo de parâmetros considerados mais simples, como por exemplo, determinar a área da bacia, comprimento e perímetro.

Com a imagem SRTM e o software ArcGis 10.1 delimitou-se a bacia hidrográfica do rio Floriano, conforme a figura 11.

Com a delimitação da bacia hidrográfica percebeu-se dois afluentes do rio Floriano, que compõem duas importantes sub-bacias hidrográficas, os rios Azul e o rio Castro Alves.

A bacia hidrográfica do rio Floriano apresenta padrão de drenagem do tipo dendrítica na maior parte de sua área, pois, de acordo com Christofolletti (1980), padrão de drenagem do tipo dendrítica é observado em bacias hidrográficas com desenvolvimento arborescente, ou seja, semelhantes à configuração de uma árvore, sendo o canal principal o tronco e seus tributários os ramos. Também se observa que em alguns pontos específicos ao longo da bacia, o padrão de drenagem tem características específicas não seguindo o padrão dendrítico.



**Figura 11: Delimitação da bacia hidrográfica do rio Floriano**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal`Maso Lucas**

## 4.2 LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FLORIANO

A bacia em estudo apresenta perímetro de 144,7339 km e ocupa uma área de 678,7987 km<sup>2</sup>, que representa aproximadamente 40% da área total do Parque Nacional do Iguaçu. Por ser uma bacia de tamanho considerável dentro da área total do Parque Nacional, esta bacia hidrográfica merece destaque quando são abordadas temáticas e questões inerentes a essa unidade de conservação.

A hierarquização fluvial proposta por Horton (1945) e Strahler (1952, apud Christofolletti, 1980), foi classificada como de 6ª ordem indicando um sistema é bem desenvolvido e consideravelmente ramificado.

A densidade de drenagem encontrada na área de estudo foi de 1,6477 km/km<sup>2</sup>, Segundo Villela & Mattos (1975), este índice varia de 0,5 km/km<sup>2</sup>, para bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km<sup>2</sup> ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas. Quanto maior for este índice, maior será a capacidade da bacia em escoar suas enchentes, o que indica que a área em estudo apresenta baixa densidade de drenagem, o que significa que a mesma apresenta elevado volume de infiltração e baixo escoamento superficial, o que caracteriza que a bacia em estudo possui grande capacidade de armazenamento de água.

Outra classificação é a proposta por Ross (1996, apud Florenzano, 2008) que traz resultados parecidos, indicando uma densidade Baixa (0,5 km/km<sup>2</sup> a 3,0 km/km<sup>2</sup>).

Segundo Christofolletti (1980), a densidade de rios é a relação existente entre o número de cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Sua finalidade é comparar a quantidade de cursos de água existente em uma área de tamanho padrão, como neste caso, em km<sup>2</sup>. Este parâmetro representa o comportamento hidrográfico de determinada área. Quanto menor o valor, menor será a capacidade da bacia hidrográfica de gerar novos cursos da água. A densidade de rios na bacia do rio Floriano é de 1,1888 km.

Para Villela & Mattos (1975), a forma geométrica da bacia hidrográfica é importante devido ao tempo de concentração, o qual representa o tempo que leva para a água sair das extremidades da bacia de drenagem e chegar à saída da mesma (exutório).

São vários os índices que determinam a forma da bacia, buscando relacioná-las com formas geométricas conhecidas, como o coeficiente de compacidade e o índice de circularidade, os quais relacionam a área da bacia com um círculo, e quanto mais próximo de 1 este valor mais circular é a bacia escoando superficialmente (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para a bacia em estudo determinou-se coeficiente de compacidade de 1,5554 e índice de circularidade de 0,4072, logo, ambos os resultados indicam que a bacia não é do tipo circular, e seu canal principal é alongado e, portanto é uma área pouco sujeita a enchentes.

O fator de forma indica a maior ou menor tendência a enchentes, uma bacia com baixo fator de forma indica menor tendência a enchentes comparada à outra de mesmo tamanho, mas com maior fator de forma. Na bacia do rio Floriano foi encontrado o fator de forma de 0,2417, observa-se que a bacia não apresenta tendência a cheias. Tal resultado comprova o indicado pelo índice de circularidade, pois segundo Villela & Matos (1975), bacias estreitas e longas com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão; e também, em uma determinada bacia hidrográfica a contribuição dos rios tributários com tempo de concentração diferentes, atinge o curso d'água principal em vários pontos ao longo do mesmo, afastando-se, portanto da condição de bacia circular, na qual a concentração de todo o deflúvio da bacia se dá em um mesmo ponto e tempo.

É cabível ressaltar que a questão de enchentes pode estar relacionada a outros fatores, como uso da superfície e dinâmica de chuvas, além da forma geométrica da bacia e organização da drenagem.

Para melhor representação dos resultados, na tabela 8, estão contidos os parâmetros morfométricos da bacia do rio Floriano.

**Tabela 8:** Parâmetros morfométricos.

PARÂMETRO	RESULTADO	UNIDADE
Ordem	6	-
Comprimento do rio principal	118,7090	km
Área da Bacia	678,7987	km <sup>2</sup>
Perímetro de delimitação	144,7339	km
Altitude máxima do rio Floriano	660,1376	m
Altitude mínima do rio Floriano	227,9430	m
Amplitude Altimétrica do rio Floriano	432,1946	m
Sinuosidade do rio Floriano	2,2403	km/km
Comprimento da Bacia em linha reta		-
- da foz ao ponto mais longínquo da área	52,9871	km

- da foz a cabeceira do rio principal	51,8198	km
- maior largura da bacia	20,8838	km
Altitude máxima da bacia	746,3530	m
Altitude mínima da bacia	227,8459	m
Amplitude Altimétrica da bacia	518,5071	m
Relação entre comprimento do rio principal e a	75,0128	km
área da Bacia		
Coefficiente de compacidade	1,5554	km/km <sup>2</sup>
Índice de circularidade	0,4072	km <sup>2</sup> /km <sup>2</sup>
Fator de Forma	0,2417	km <sup>2</sup> /km
Densidade dos rios	1,1888	Canais/km <sup>2</sup>
Densidade de drenagem	1,6477	km/km <sup>2</sup>
Coefficiente de manutenção	0,6068	km <sup>2</sup> /km
Extensão do percurso superficial	0,6069	km <sup>2</sup> /km

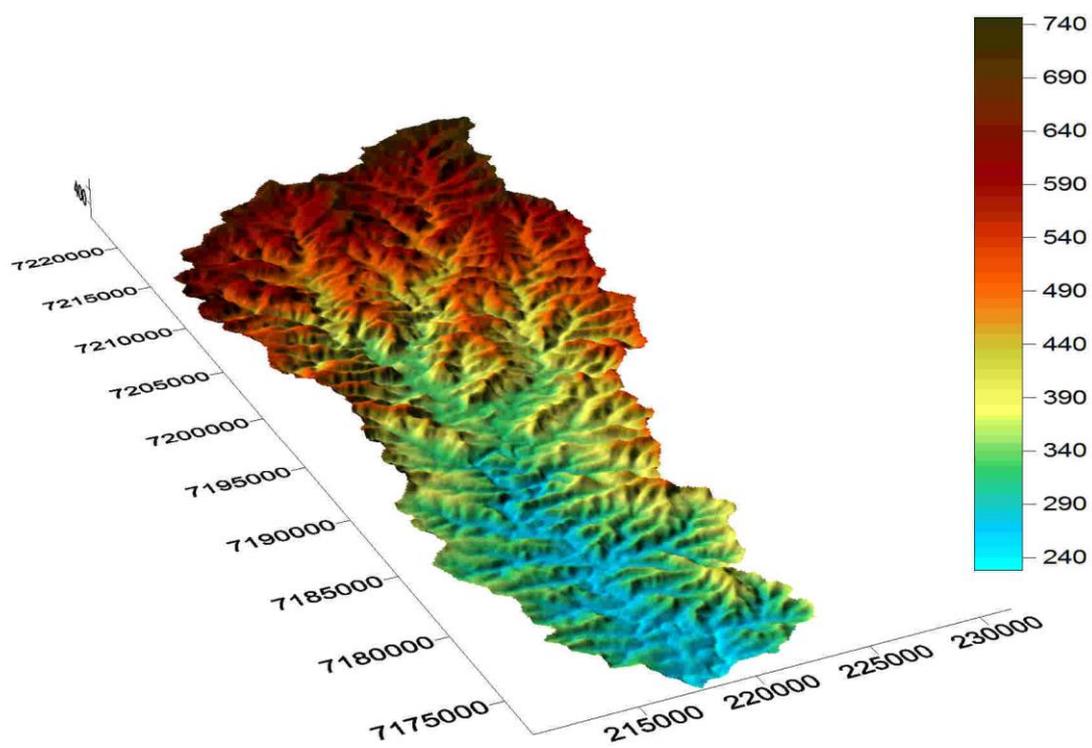
Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas

#### 4.2.1 Altimetria

Com relação à altura no rio Florianópolis, a classificação proposta por Ross (1996, apud Florenzano 2008), observa-se na tabela 8 que pode ser classificado com Alta (600 m a 1.000 m) altitude absoluta correspondente a 660,1376 metros de altura no ponto mais alto do rio, e com uma amplitude altimétrica Muito Alta (> 200 m) com 432,1946 metros de desnível. O mesmo se reflete na altimetria da bacia, para o ponto mais alto da bacia hidrográfica tem-se uma altura absoluta de 746,3530 metros e é classificada como Alta e sua amplitude altimétrica de 518,5071 metros é classificada como Muito Alta.

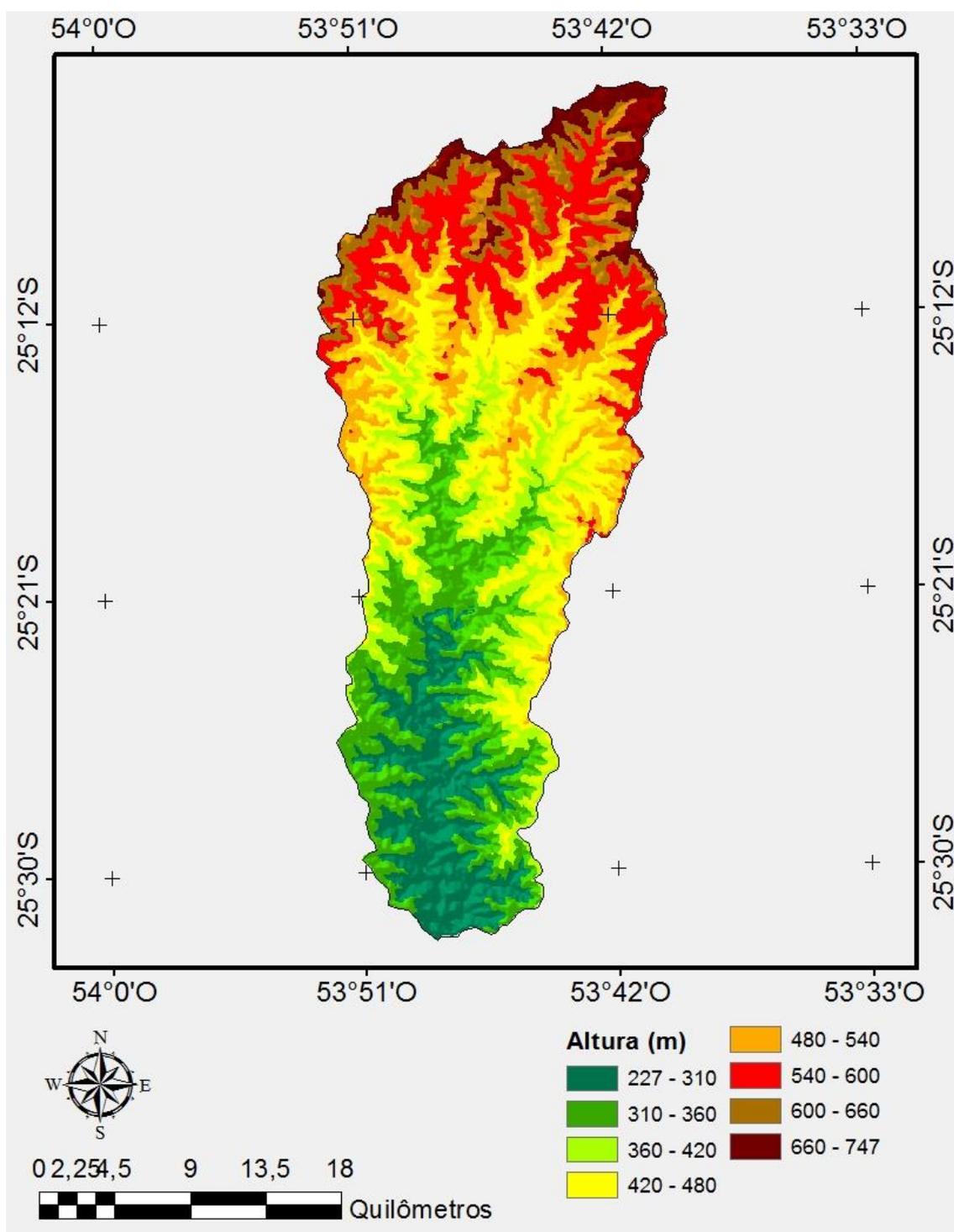
Ressalta-se ainda que os valores de altura são variáveis ao longo da bacia, e que a discussão acima refere-se apenas ao ponto mais alto ao longo do Rio Florianópolis e ao ponto mais Alto encontrado na área bacia hidrográfica.

Os mapas das figuras 12 e 13 mostram uma visão do conjunto do relevo, onde podem ser reconhecidos os intervalos de altitude maiores no alto curso da bacia hidrográfica, que vão diminuindo suavemente em sentido ao médio e baixo curso.



**Figura 12: Modelo digital do terreno da bacia hidrográfica do rio Floriano.**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Da'Maso Lucas**

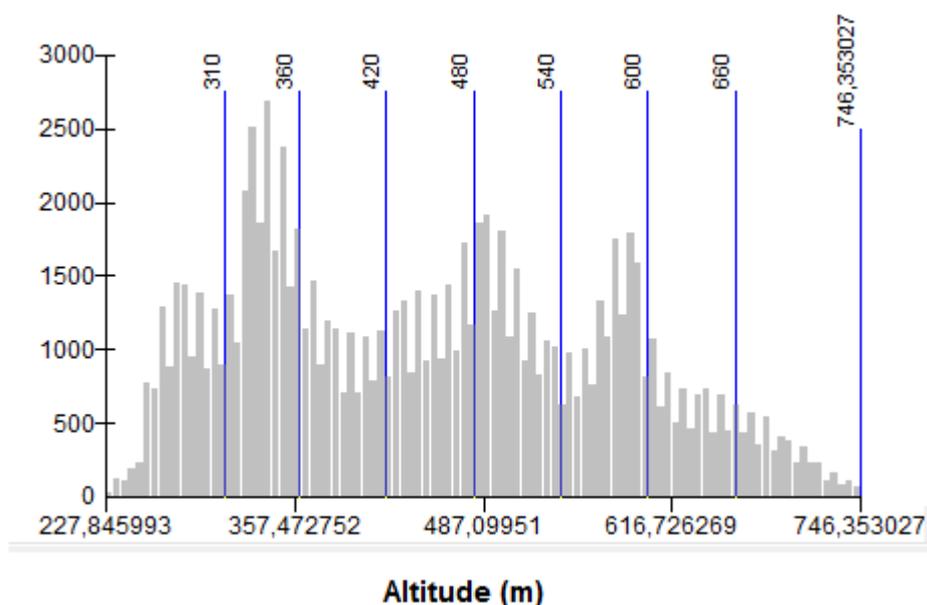


**Figura 13: Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Floriano.**

**Fonte: Elaborado por Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal`Maso Lucas**

Relativo ao mapa Hipsométrico a figura 14 (Histograma Altimetria), colabora para melhor análise dos dados de elevação do relevo. O histograma relativo à altimetria, mostra com mais detalhes a distribuição da altitude na bacia, deixando nítido que a maior ocorrência

de altitudes por área está no intervalo entre 310 m e 360 m, enquanto que as altitudes mais elevadas da região que corresponde ao intervalo entre 660 m até sua altura máxima que é 746,3530 m estão registradas com o menor intervalo de ocorrência.



**Figura 14: Histograma Altimetria.**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas**

O mapa TIN (figura 15) ou Rede Triangular Irregular, que em inglês é mapa Triangulated Irregular Network (TIN), foi gerado para melhor representação do relevo em comparação com o mapa hipsométrico.

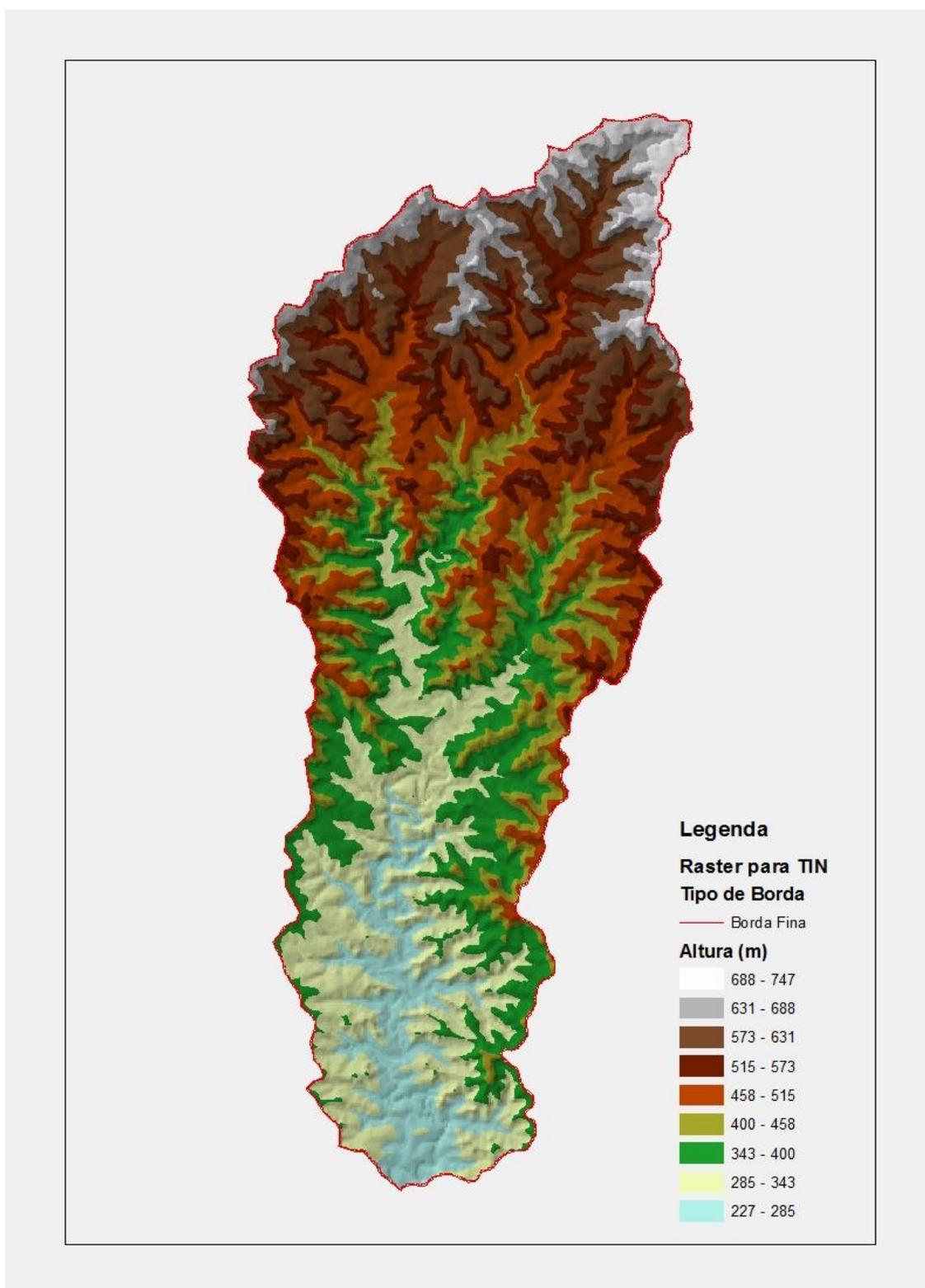
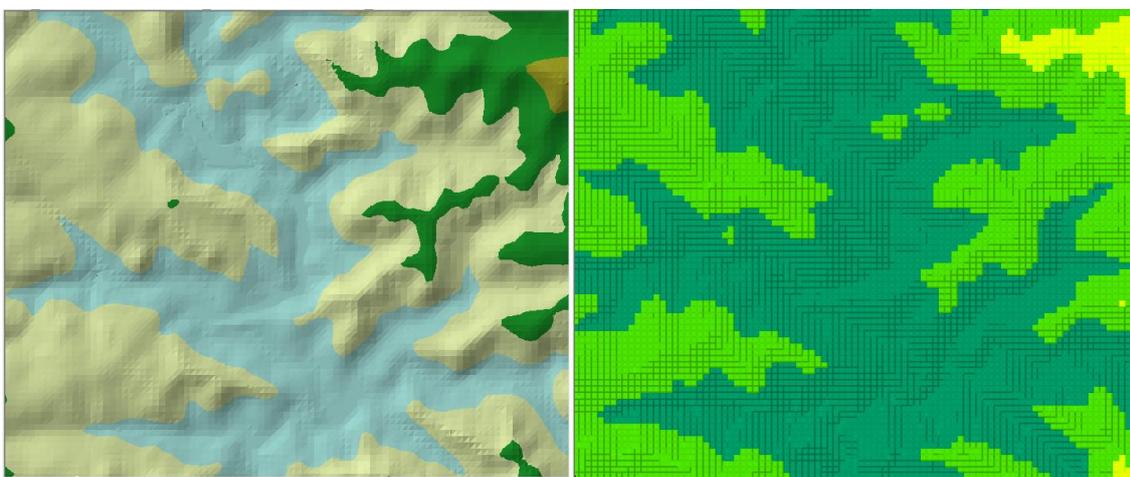


Figura 15: Mapa TIN da bacia hidrográfica do rio Floriano.

Fonte: Elaborado por Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas

Pela ilustração comparativa entre TIN e SRTM geradas pelo software ArcGis 10.1, observa-se que a SRTM não possui a mesma qualidade de visualização que a imagem TIN, embora para obtenção dos dados deste trabalho utilizou-se apenas as imagens SRTM, inclusive para desenvolver a figura 15 (Mapa TIN). Como pode ser visualizado na figura 16 que compara as imagens SRTM e TIN, observa-se que a imagem SRTM apresenta dificuldades a visualização das partes menos elevadas dos vales (fundo de vale), tornando-os uma superfície plana, podendo mascarar algumas pequenas feições do relevo, mas que neste trabalho não compromete o entendimento dos resultados e alcance dos objetivos propostos.



**Figura 16: Comparação Imagem TIN e Imagem SRTM.**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas**

#### **4.2.2 Declividade**

A declividade foi fundamentada, seguindo a classificação com os intervalos sugeridos pela Embrapa (2006), onde são propostos 6 intervalos de classificação, no entanto no mapa de declividade foi pouco visível ou praticamente invisíveis, a visualização das regiões classificadas nos intervalos que correspondem a Montanhoso e Escarpado dentro da bacia do rio Floriano, visto que a maior relação numérica com a declividade na bacia é equivalente a 45,40 em termos percentuais ou 24,41 graus de declividade.

O intervalo de declividade que apresenta valores inferiores a 3% compõem a primeira classe sendo classificado como Plano, característica que é pouco representativa na região de estudo, a maior concentração desse intervalo é observado na região de desembocadura do rio

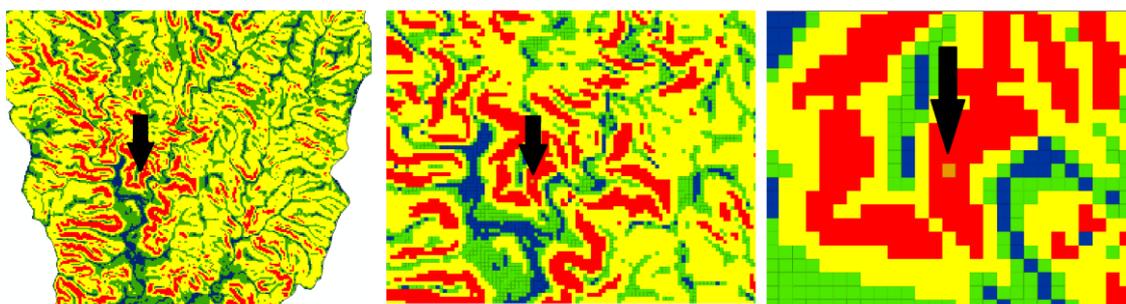
Azul no rio Floriano sendo também evidente a sua presença na região da foz do rio Castro Alves com o rio Floriano.

A segunda classe referente à superfície Suavemente Ondulada (intervalo entre 3% - 8%) pode ser visualizada ao longo de toda a extensão da área em estudo, mas sua maior predominância concentra-se na porção Sudoeste da bacia e assim como a primeira classe está evidente a sua concentração também na região de encontro entre os corpos hídricos.

A terceira classe constituída pelo intervalo de 8 % a 20 % de declividade e classificada como superfície Ondulada, é a classe mais representativa na bacia do rio Floriano, sua concentração predomina em praticamente todas as regiões da bacia exceto na porção Sudoeste.

A quarta classe ou superfície Fortemente Ondulada (intervalo entre 20 % e 45%) é mais representativa do lado esquerdo do rio Floriano, com relação à outra extremidade, sendo mais concentrado na porção Oeste e menos representativa na porção Sul da bacia.

A quinta classe denominada Montanhosa na qual são atribuídos os valores de 45 % a 75%, é visualizada na imagem gerada (figura 18), apenas em uma região específica da bacia. Com a aproximação da imagem no software ArcGis 10.1 foi possível visualizar esse ponto que corresponde a um pixel localizado na região do médio curso da bacia do rio Floriano, conforme a figura 17 (Visualização aproximada da região classificada como Montanhosa).

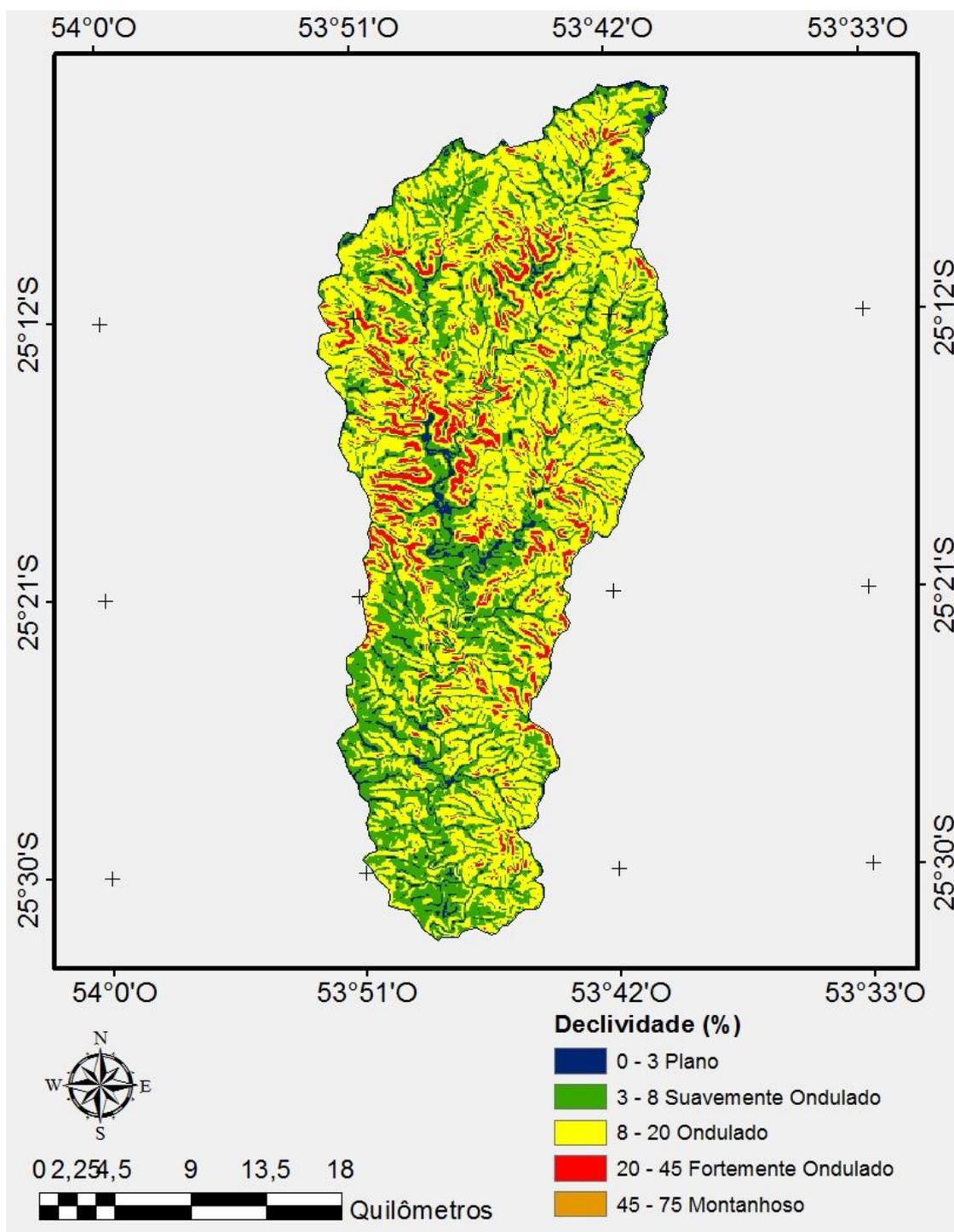


**Figura 17: Visualização aproximada da região classificada como Montanhosa.**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal`Maso Lucas**

Classificado como Escarpado, a sexta classe correspondente a valores com declividade superiores a 75 % e inferiores a 100 %, não são encontradas na imagem gerada.

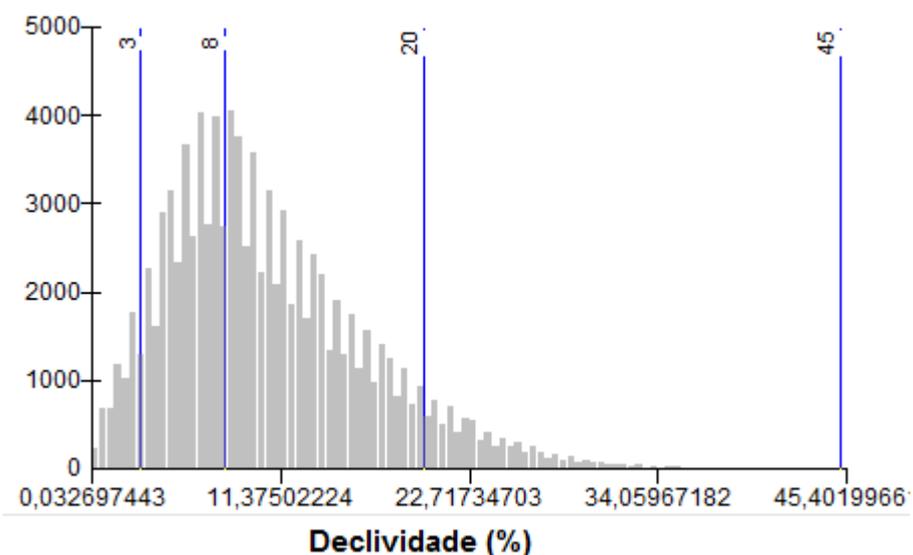
Pela figura 18 (Mapa de declividade representado em termos percentuais), entende-se que a bacia é composta por ambientes com baixa fragilidade, e encostas estáveis devido a pouca incidência de altas declividades.



**Figura 18: Mapa de declividade representado em termos percentuais**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal`Maso Lucas**

O Histograma de declividade em termos percentuais (figura 19) confirma numericamente as observações visualizadas no mapa de declividade.



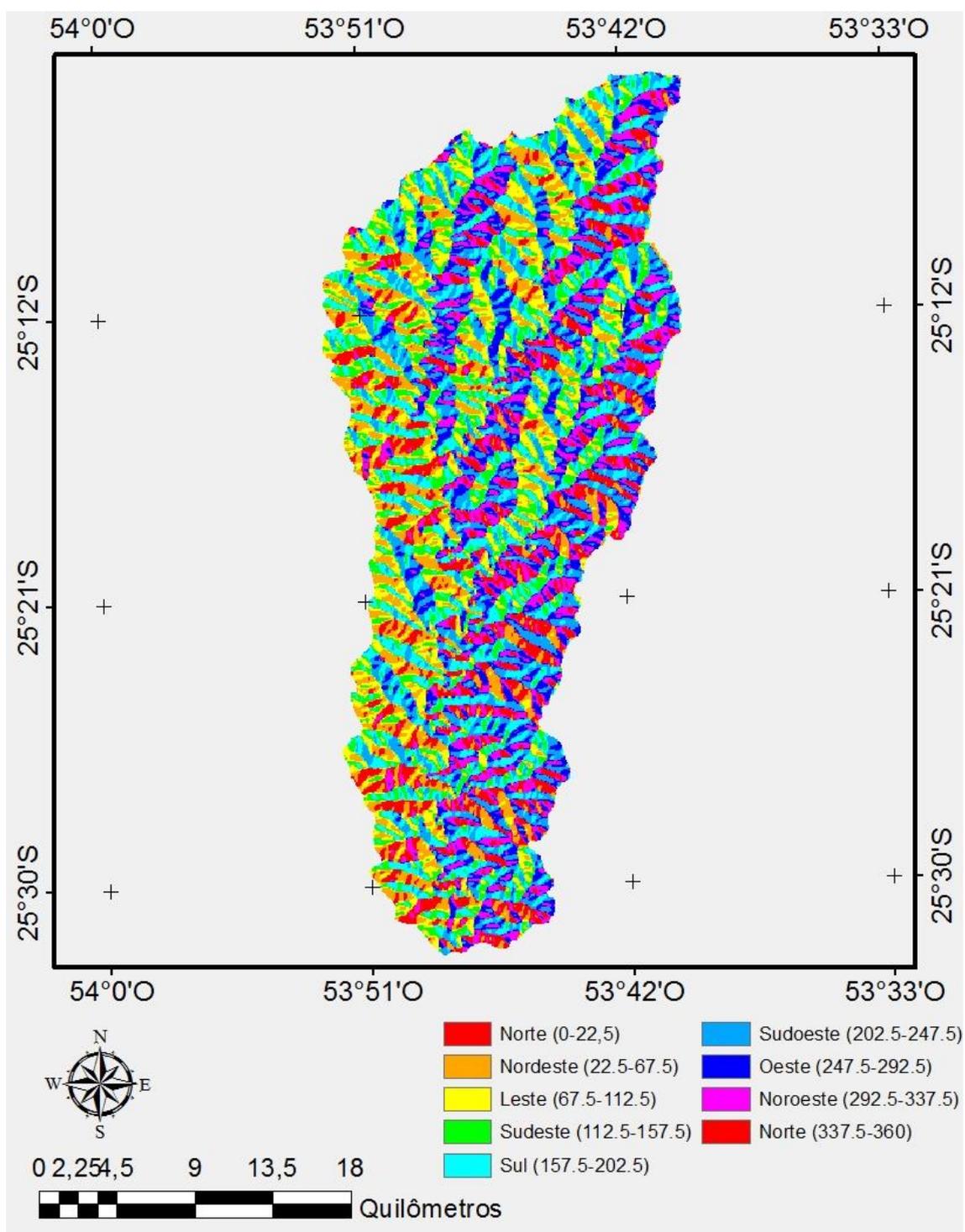
**Figura 19: Histograma Declividade em termos percentuais.**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas**

O Histograma de declividade em termos percentuais é o reflexo da representação das declividades no mapa, por meio do histograma é possível observar que a maior declividade é de 45,40 %, ( $24,41^\circ$ ) e as maiores ocorrências estão nos intervalos de 3% a 8 % e também de 8 % a 20 % sendo esse último mais representativo comparando a declives acentuados, que ocorrem em setores restritos ao longo da bacia, embora marquem a fisionomia de dissecação do relevo.

#### **4.2.3 Orientação das vertentes**

É a medida do ângulo horizontal da direção esperada do escoamento superficial, assim a orientação das vertentes controla a direção dos fluxos de matéria, e essa por sua vez influencia nos efeitos locais sobre o regime hídrico (BISPO et al, 2010). O mapa de orientação de vertentes indica que o rio Florianó bem como seus principais afluentes tende a seguir para a direção Sudoeste e principalmente região Sul.



**Figura 20:** Mapa de Orientação das Vertentes.

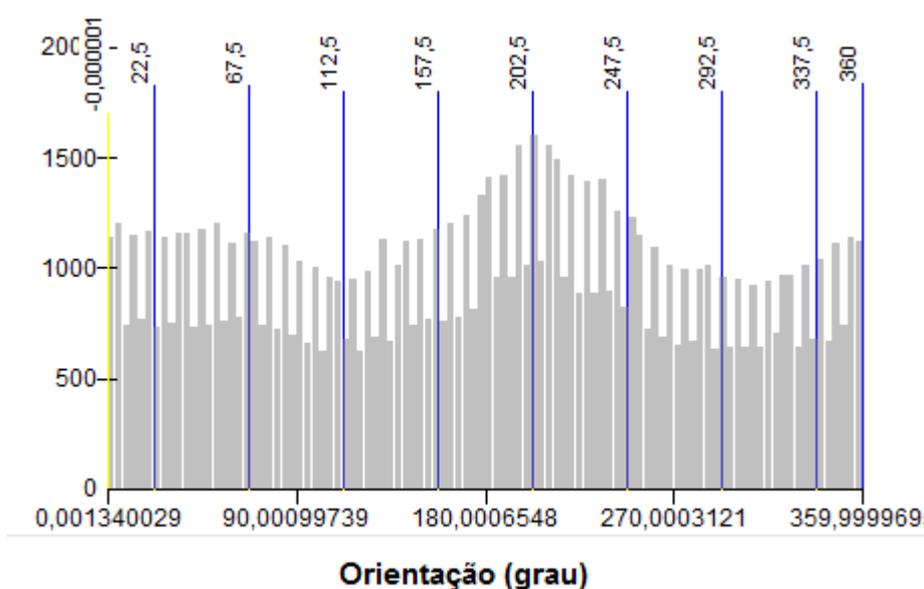
**Fonte:** Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas

A figura 20, mapa de orientação das vertentes, mostra a exposição (em direção cardinal) da face das encostas, que ao analisar a bacia hidrográfica como um todo, como o eixo do rio principal está orientado no sentido Norte-Sul, obviamente um setor da bacia, lado

Oeste, possui encostas voltadas predominantemente para uma direção azimutal entre  $0^\circ$  e  $150^\circ$  enquanto que o lado Leste da bacia possui com direções entre  $150^\circ$  e  $350^\circ$ , aproximadamente.

Anomalias desse conjunto de direção da orientação podem indicar controles estruturais, como por exemplo, as faixas de encostas apontadas para Sul e Sudoeste (cor azul claro na figura 20) que se organizam no sentido NO-SE, justamente a orientação principal das estruturas de falhamentos geológicos ao longo da região.

Para melhor exposição dos dados, a figura 21 expõe numericamente o que pode ser observado no mapa referente à orientação das vertentes.



**Figura 21: Histograma Orientação das Vertentes.**

**Fonte: Douglas Alcindo e Tailon Dal'Maso Lucas**

O histograma Orientação das Vertentes indica uma orientação para as vertentes bem distribuída e reforça que a maior ocorrência de direções é no sentido Sul e Sudoeste intervalos que respectivamente correspondem a  $157,5^\circ$  a  $202,5^\circ$  e  $247,5^\circ$  e  $292,5^\circ$ .

Observa-se também no Histograma, o valor negativo para orientação da encosta, o mesmo valor não é observado no mapa de orientação das vertentes, já que a direção em região plana é considerada nula.

#### **4.2.4 Lineamentos Estruturais e associações com as vertentes.**

Segundo Florenzano (2008) é observado que o alinhamento de pontos em orientações próximos entre si constituem linhas de fluxo, que por sua vez são fundamentais para estruturação da hidrologia superficial de uma bacia. Sabe-se que existe a presença de falhas geológicas na região e essas falhas estão alinhadas com a orientação Norte – Oeste ou Sul – Leste de algumas vertentes conforme a figura 22.

É possível observar na figura 23, que os principais lineamentos, ou os maiores seguem o mesmo sentido que os rios Floriano, Castro Alves e Azul, apontando indícios que a formação dos rios está diretamente relacionada a estrutura geológica presente na bacia. Também existem lineamentos transversais quase perpendiculares, que evidenciam a formação de uma tendência dos afluentes, no sentido de passarem pelo ponto de encontro entre os lineamentos, verifica-se essa relação, próximo a desembocadura do rio Azul com o rio Floriano, também na foz do rio Castro Alves, e principalmente próximo ao encontro do rio Floriano com o rio Iguaçu, onde existe um ponto de encontro entre dois lineamentos.

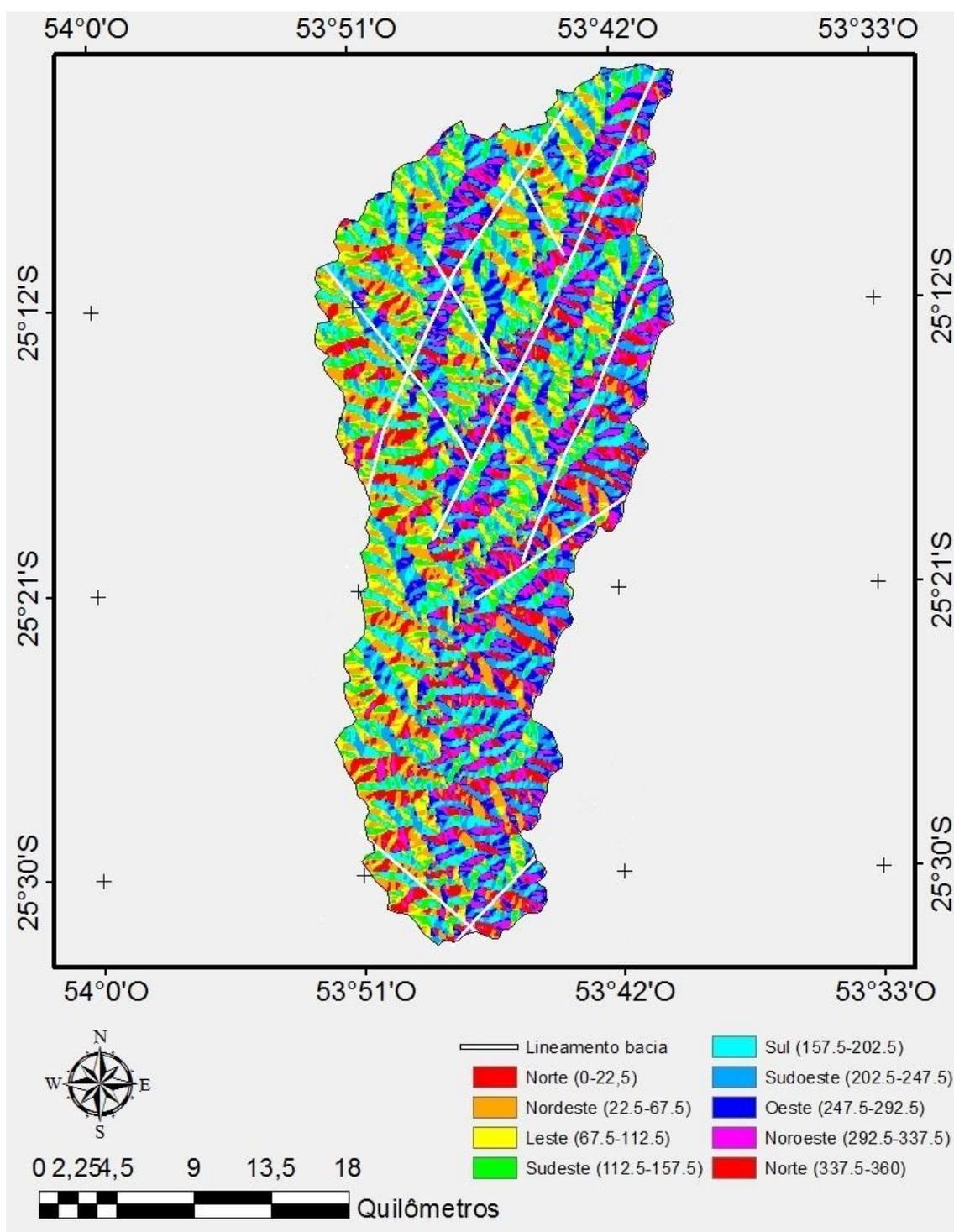


Figura 22: Mapa de Lineamento e Orientação das Vertentes.

Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal' Maso Lucas

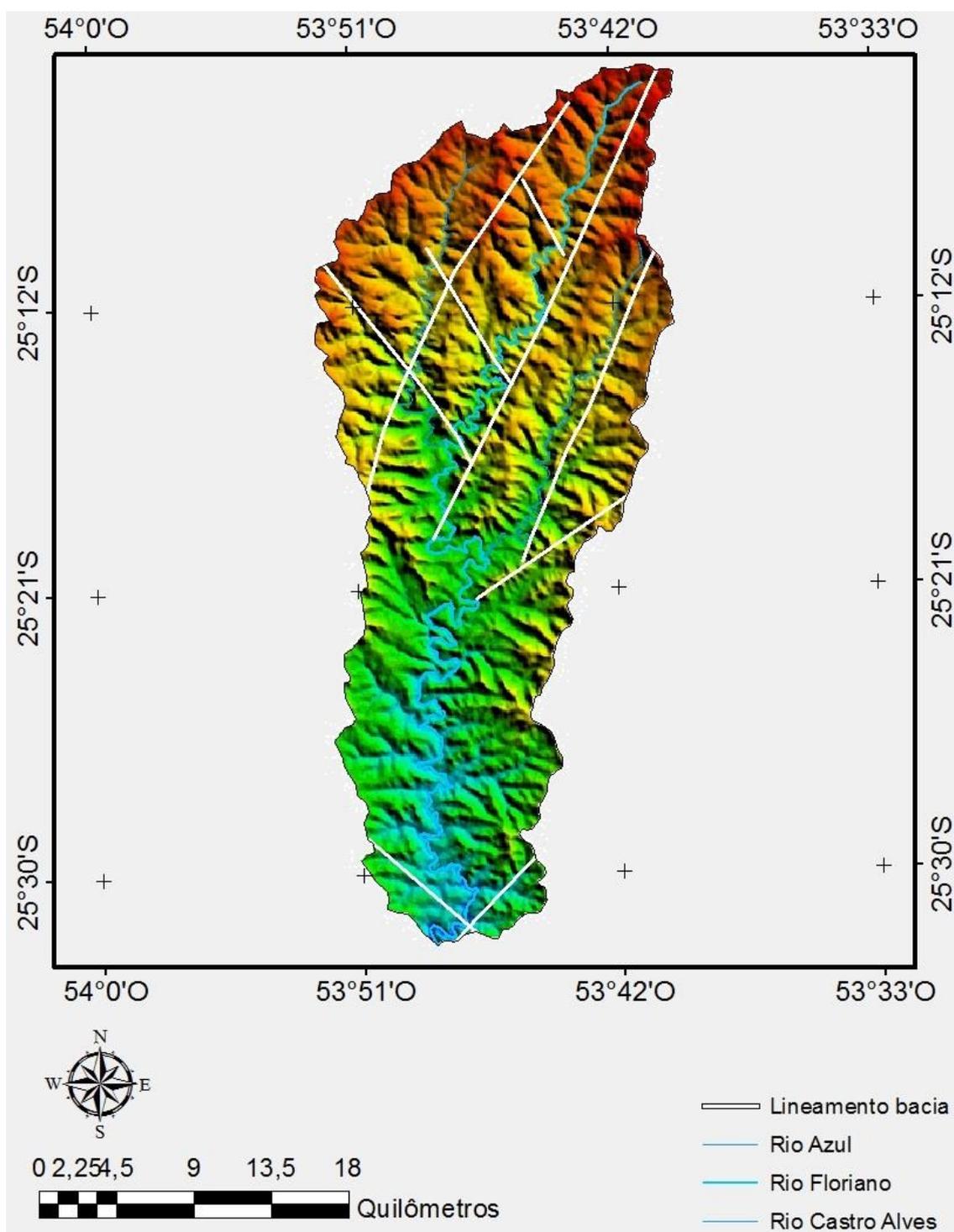


Figura 23: Lineamento bacia hidrográfica do rio Floriano, rios principais.

Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas

#### 4.2.5 Tipos de solos na bacia hidrográfica do rio Floriano

Baseado no Sistema Brasileiro de Classificações do Solo (EMPRESA..., 2006), desenvolveu-se o mapa de Classificação do solo no Primeiro Nível.

Observa-se no mapa que na região Norte predomina o Latossolo, podendo ser visualizado também em pequenas porções localizadas na região Sul, de maneira geral o Latossolo é considerado um solo com reduzida suscetibilidade a erosão devido a sua boa permeabilidade e drenabilidade associado a sua baixa diferença no teor de argila do horizonte A para o horizonte B (VIEIRA, 1988; OLIVEIRA et al., 1992; REENDE et al., 1995 apud CUNHA et al., 2006).

Na porção da região ao Sul da bacia predomina o solo classificado como Nitossolo, embora este também é observado em pequenos setores ao Norte da bacia, provavelmente associados a média e baixa encosta.

O Neossolo é visualizado no mapa desordenadamente, sendo melhor visualizado na porção Sul do mapa, estando sempre associado a encostas mais curtas e com declives mais acentuadas, podendo existir pequenos afloramentos rochosos nas rupturas de relevo.

O tipo de solo menos encontrado na bacia hidrográfica é o solo classificado como Gleissolo, segundo Cunha et al. (2006) esse tipo de solos são mais encontrados em áreas planas, assim não favorecem ao escoamento sendo suscetíveis à erosão.

Esse mapa de solos da bacia do rio Floriano (Figura 24) é um segmento do mapeamento do estado do Paraná, em escala 1:600.000, portanto apresenta agrupamentos dos principais grupos de solo (1º nível de classificação), podendo existir maiores detalhes conforme o tipo de encosta (declive e comprimento).

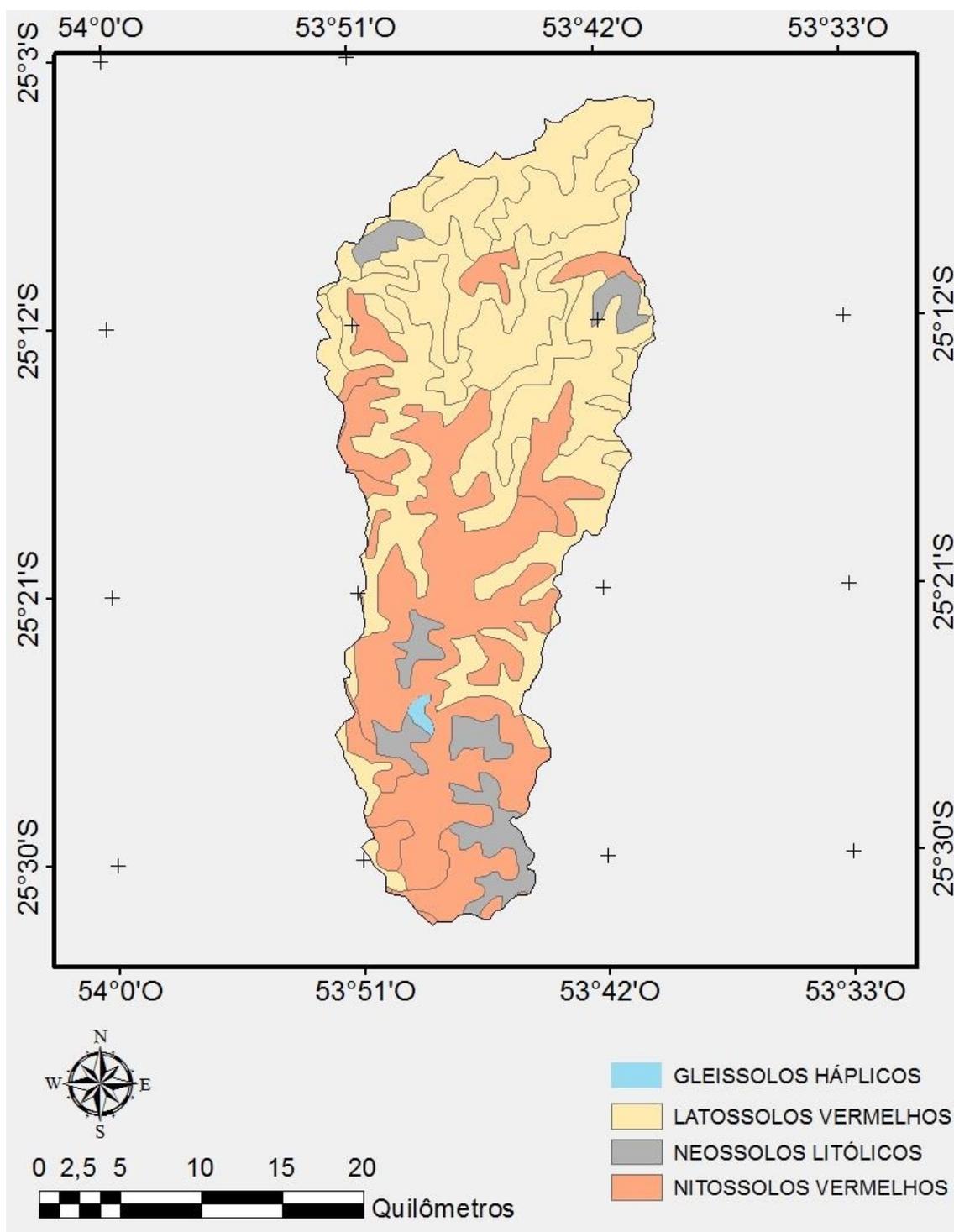
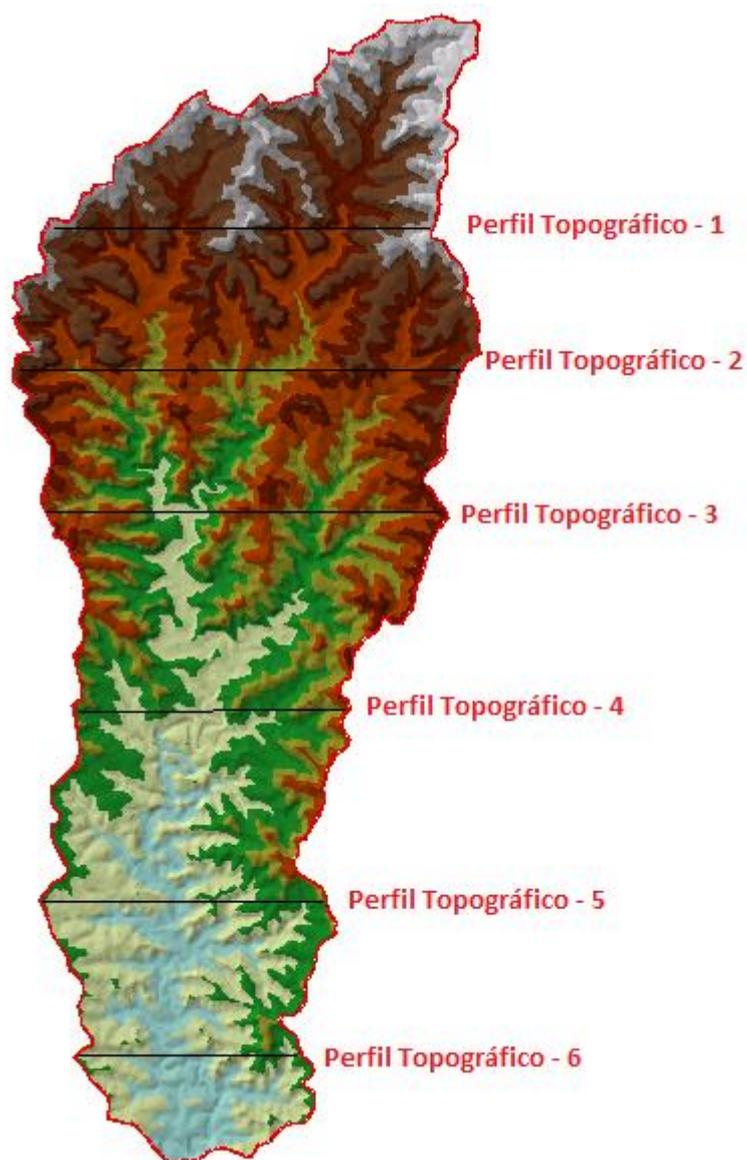


Figura 24: Tipos de solo na bacia hidrográfica do rio Florianiano (adaptado de EMPRESA..., 1981).

Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal Maso Lucas

#### 4.2.7 Perfis Topográficos

Para análise topográfica foram realizados 6 cortes transversais do perfil topográfico na bacia, utilizando-se de uma imagem TIN conforme a figura 25, que visaram subsidiar o comportamento das aberturas e profundidades dos vales ao longo da bacia:



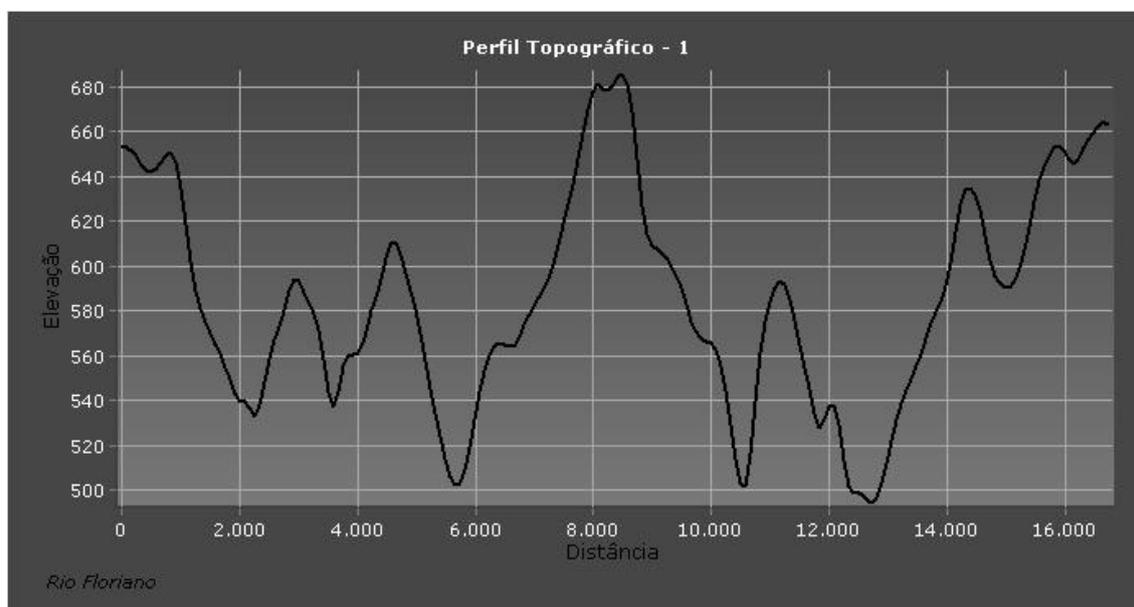
**Figura 25: Perfis topográficos.**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal Maso Lucas**

Através da análise dos perfis topográficos gerados transversalmente ao longo da bacia em estudo percebeu-se que a variação altimétrica ocorre de maneira mais intensa no alto curso do rio Floriano com bruscas variações de altitude em curtas distâncias no terreno, devido ao

alto curso apresentar maior declividade em suas encostas, conforme os cortes se aproximam do baixo curso com sentido a foz do rio Floriano a variação altimétrica se torna mais suave, ocorrendo oscilações menores de altitude em distâncias maiores, ou seja, os perfis topográficos mostram características de vale fechado e mais entalhado, a montante da bacia do rio Floriano (perfis 1, 2 e 3), com encostas mais curtas e mais declivosas e na parte a jusante os vales são mais abertos, com menor amplitude altimétrica e menos entalhados, caracterizando encostas mais suaves e alongadas (perfis 4 e 5).

A partir dos cortes que se estendem de uma extremidade a outra da bacia, elaborou-se os perfis topográficos que mostram características de vale.



**Figura 26: Perfil topográfico -1.**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas**

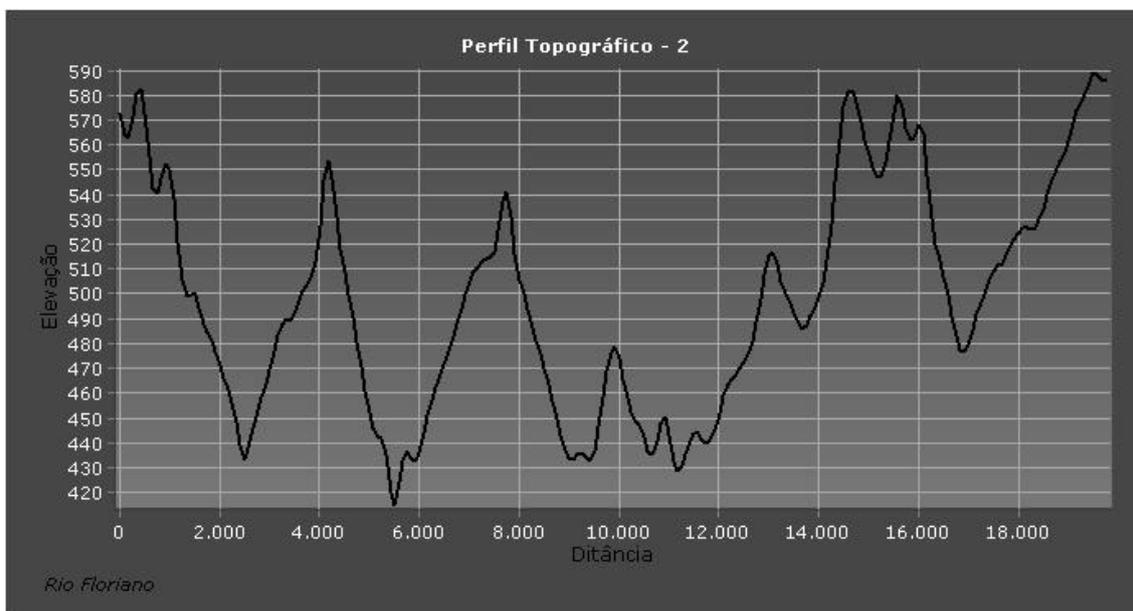


Figura 27: Perfil topográfico - 2.

Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas

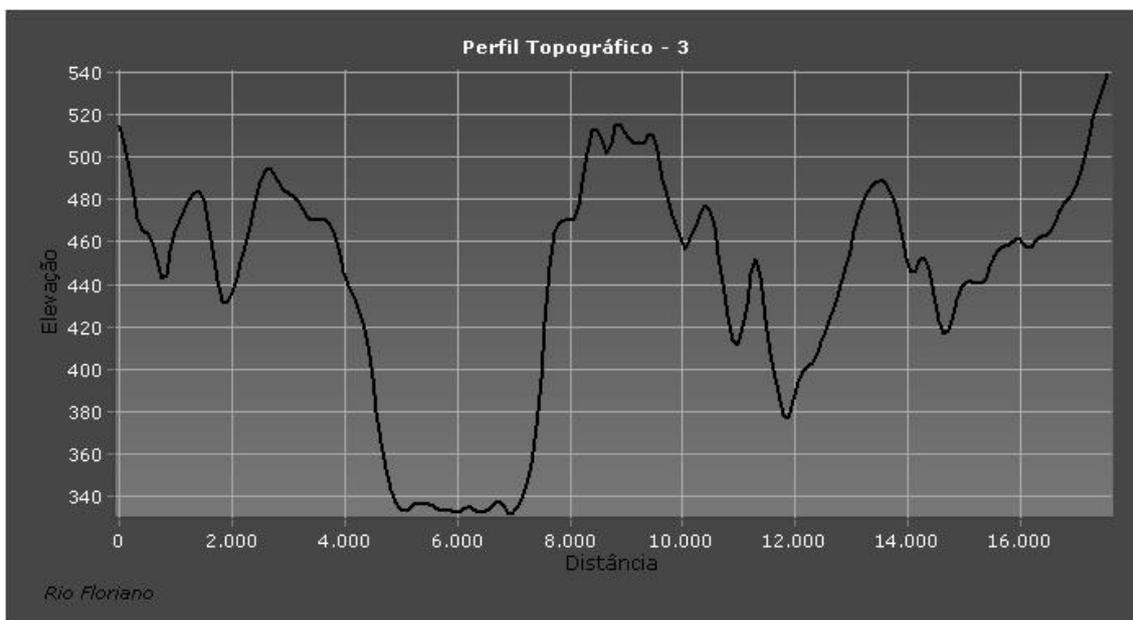


Figura 28: Perfil topográfico - 3.

Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas

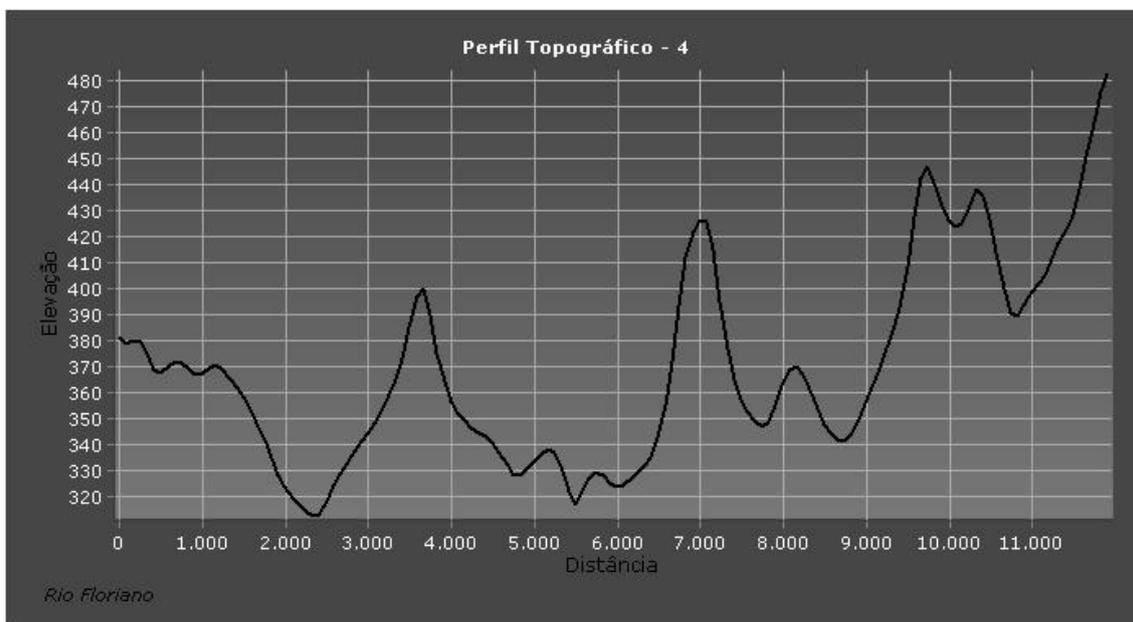


Figura 29: Perfil topográfico - 4.

Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal`Maso Lucas

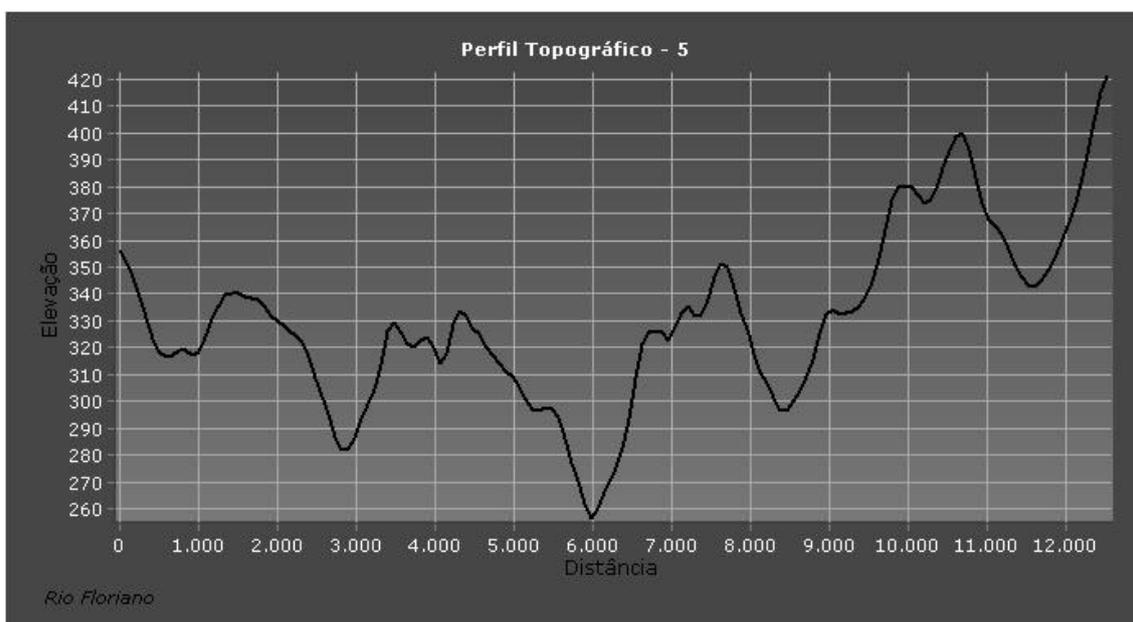
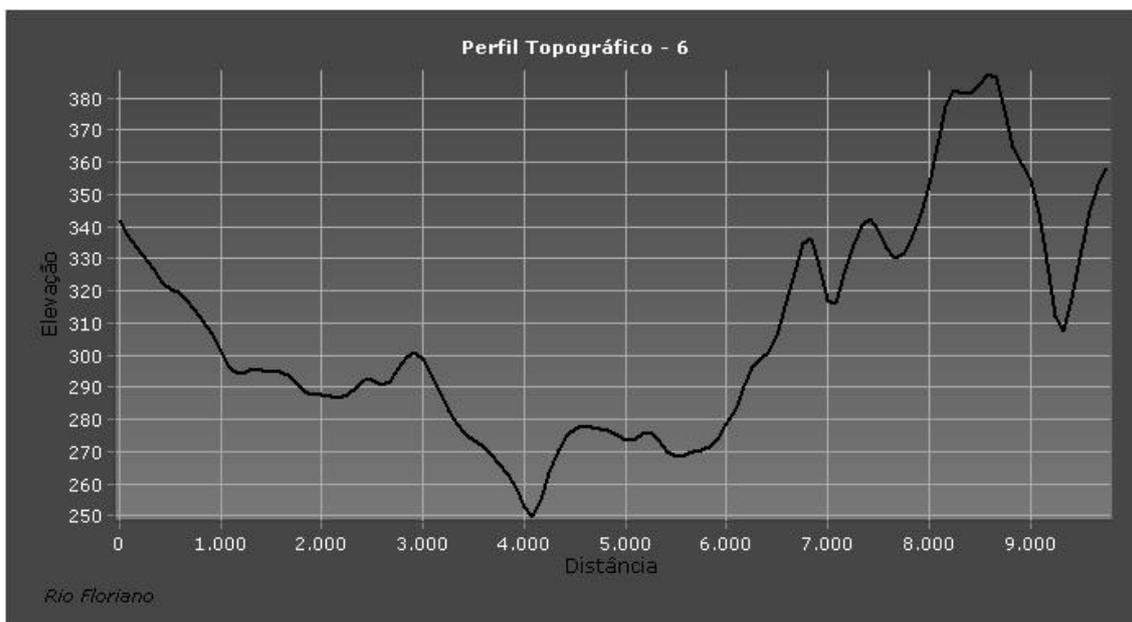


Figura 30: Perfil topográfico - 5.

Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal`Maso Lucas



**Figura 31: Perfil topográfico - 6.**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal`Maso Lucas**

#### 4.2.8 Perfil Longitudinal

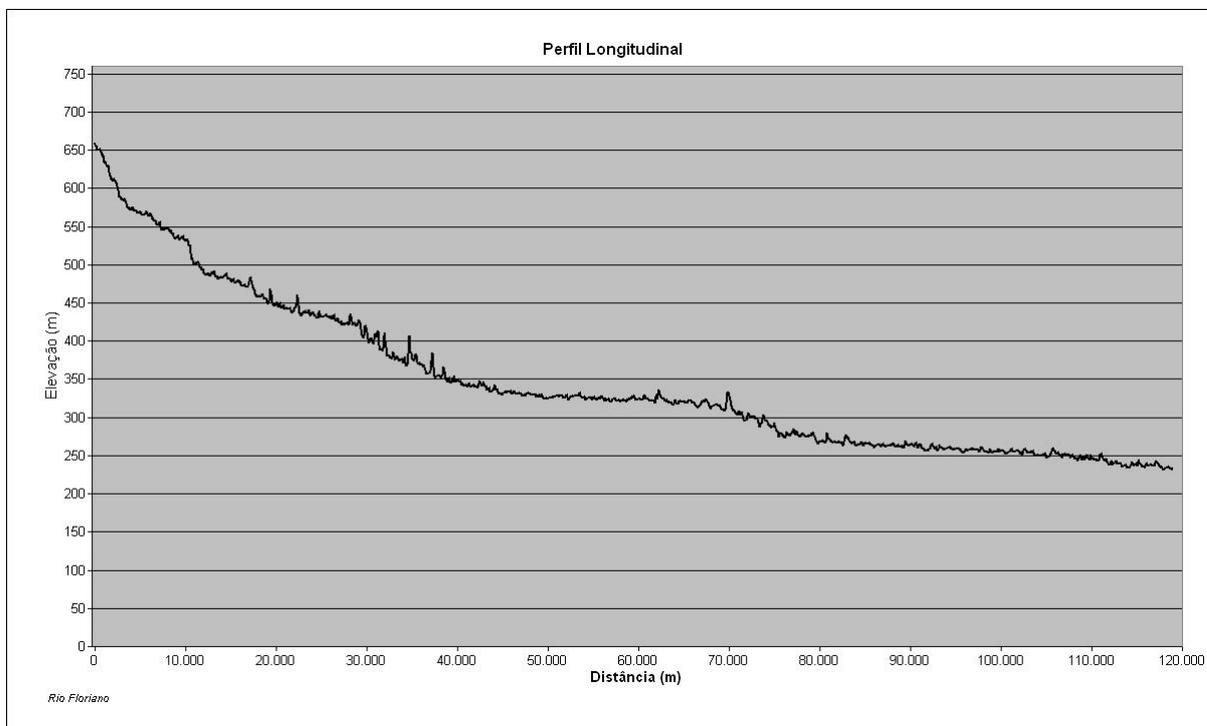
Representado por coordenadas cartesianas o perfil longitudinal, no qual, a variável independente no eixo x, corresponde à distância ou extensão do canal, equivale ao comprimento do rio Floriano, enquanto que no eixo y a variável de pendente elevação corresponde à altitude (figura 32).

Verifica-se que ao longo da extensão do alto curso, o gradiente é mais elevado enquanto que nas região de médio curso e baixo curso o mesmo se torna mais suave.

Não se verifica a incidência de descidas abruptas, logo, o perfil apresenta um aspecto equilibrado referente à estabilidade do comportamento hidráulico da corrente., Apenas na posição horizontal entre 70 e 80 mil metros o gráfico acusa uma pequena ruptura que pode indicar uma anomalia no contexto estrutural do eixo da bacia, que associa-se ao conjunto de falhamentos presentes na bacia. Nessas áreas, com gradiente mais elevado o rio certamente tem características mais enérgicas e de entalhe.

Pequenas elevações de altitude ao longo do curso do rio Floriano não são aclives naturais, estes são pequenos erros gerados pela associação dos dados vetorizados com imagem SRTM, essa ultima com resolução inferior, logo podem ter ocorrido pontos em que os pixels que correspondem ao percurso do rio na imagem possuem valores com maiores altitudes

provocando estas pequenas elevações, com isso é necessário salientar que o importante neste caso para análise é o contexto geral do perfil traçado ao longo do percurso do rio.



**Figura 32: Perfil Longitudinal**

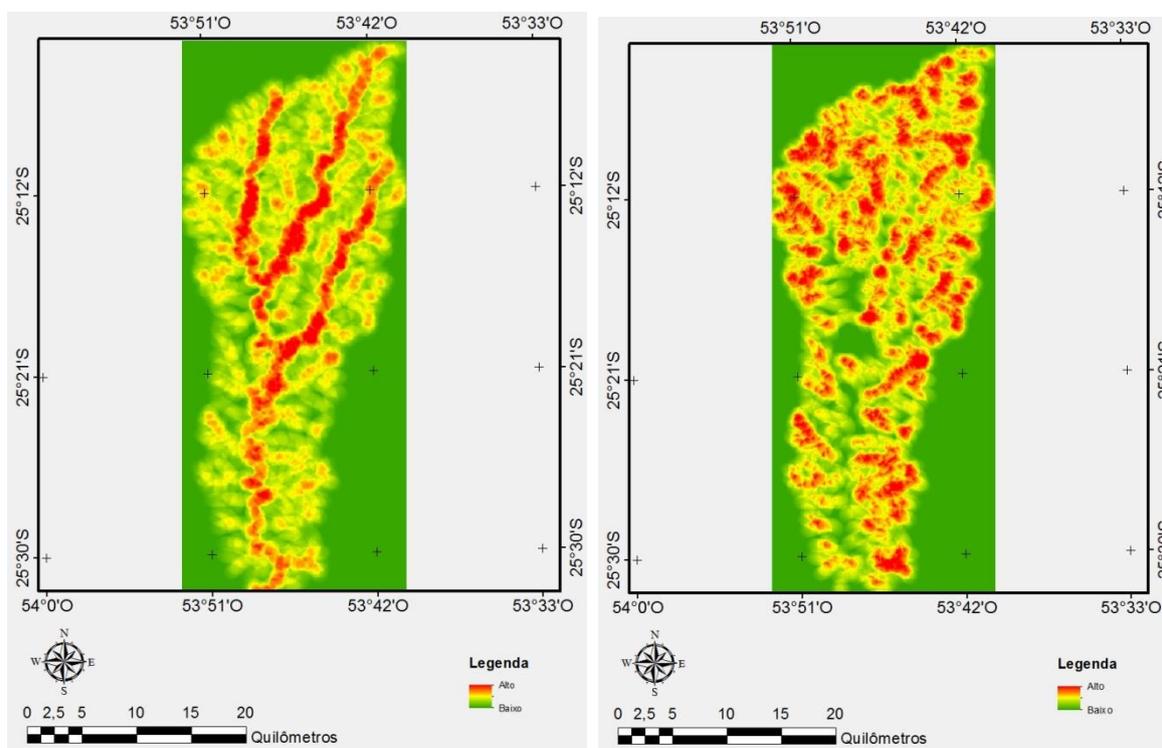
**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas**

#### 4.2.9 Densidade

Para efeitos de visualização foram gerados mapas de densidade que correlacionam à quantidade de rios com determinada área. Foram gerados dois mapas um levando em consideração os rios principais e outro sem levar em consideração os principais rios da bacia hidrográfica, nos mapas, as cores mais próximas ou tendendo ao vermelho, indicam alta densidade, enquanto que a cor verde indica a ausência de rios e a baixa densidade (figura 33).

Nota-se que no mapa com os rios principais (figura 33 à esquerda) existe maior densidade justamente na região onde correm os principais corpos d'água, em contra partida o outro mapa mostra uma densidade melhor distribuída e com maior ocorrência de rios na parte do alto curso, essa relação indica que é na região do alto curso que existe a maior contribuição hídrica para a formação dos rios Principais, resultados que corroboram com o mapa de solos, que indicam a predominância de Latossolos no alto curso os quais variam de fortemente a bem drenado.

Conforme a figura 33 é possível observar no lado esquerdo do mapa de densidade, correlacionando os rios principais com a área da bacia no lado direito do mapa de densidade sem essa correlação.



**Figura 33: Mapa de densidade da ocorrência de rios.**

**Fonte: Douglas Alcindo da Roza & Tailon Dal'Maso Lucas.**

As áreas com maior concentração de drenagem indicam uma sobreposição com as áreas mais declivosas (figura 18), de relevo mais dissecado, ondulado e de encostas mais curtas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados levantados são de importância para se entender melhor a dinâmica natural do meio físico e assim fundamentar a escolha das melhores ações a serem tomadas para a conservação local.

O levantamento dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Floriano foi considerado satisfatório pelos métodos empregados de caracterização morfométricas e quanto ao uso de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Os mapas e histogramas elaborados por meio da extração automática dos dados MDE-SRTM permitiram a identificação e análise das propriedades qualitativas e quantitativas de forma eficiente bem como os obtidos por equações matemáticas.

Ao longo de sua extensão a bacia não apresenta um formato circular, mas sim uma forma relativamente alongada que indica para uma baixa tendência a enchentes, além da sua distribuição hidrológica mais concentrada em áreas mais declivosas e de encostas mais curtas.

Verificou-se que a bacia possui seus rios principais e suas vertentes associadas as estruturas geológicas e geomorfológicas regionais.

Os resultados obtidos dão evidências de que a bacia hidrográfica está aparentemente controlada pelas estruturas naturais presentes, embora seja importante a verificação por estudos específicos que podem identificar com maior precisão a influência dessas estruturas na dinâmica da bacia.

A obtenção dos parâmetros e análise dos mesmos, não apresentam indícios suficientes que apontam para consideráveis impactos ambientais negativos na bacia hidrográfica do rio Floriano.

Sobre a Unidade de Conservação do Parque Nacional encontra-se na literatura uma grande quantidade de estudos sobre o meio biótico, mas são poucas pesquisas sobre o meio físico. Seriam necessárias mais pesquisas de caracterização do meio físico, pois uma característica física pode ser um fator limitante para o desenvolvimento de uma determinada espécie animal, vegetal e até mesmo microbiana.

A partir deste trabalho foi possível contribuir na caracterização e investigação geomorfológica no Parque Nacional do Iguaçu, mais precisamente em uma de suas bacias pouco exploradas cientificamente, a bacia hidrográfica do rio Floriano.

Por meio de estudos mais específicos e direcionados como a análise de fatores de evolução da paisagem ou estudos referentes a influência morfoestrutural na evolução da drenagem, os parâmetros obtidos neste trabalho, principalmente de drenagem e de estruturas geomorfológicas poderão ser melhor compreendidos como fatores que influenciam na dinâmica ambiental da região.

Os objetivos deste estudo foram alcançados, os parâmetros morfométricos levantados e suas características não apontaram para uma drenagem e nem para uma bacia hidrográfica com alterações morfoestruturais significativas em função de atividades humanas, apenas de sua própria dinâmica pretérita.

Verificou-se que a utilização combinada de dados geomorfométricos de orientação de vertentes e produtos do MDE-SRTM, tem relação direta com lineamentos morfoestruturais. Assim, com o encerramento deste trabalho é importante salientar que os estudos não terminaram e um novo leque de pesquisas pode ser efetuado, por meio deste trabalho e de perspectivas de novos estudos geomorfológicos, geológicos e hidrológicos, e por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDRADES FILHO, Clóvis O. **Análise Morfoestrutural da Porção Central da Bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FBD**. 2010. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/04.08.17.10/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2014.

BHERING, Silvio B.; SANTOS, Humberto G. **Mapa de solos do estado do Paraná: Legenda atualizada**, 1.ed. 1ª imp. Rio de Janeiro, 2008.

BISPO, Polyanna C.; VALERIANO, Marcio M; KUPLICH, Tatiana M. **Relação das Variáveis Morfométricas extraídas de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e a vegetação de Brasília**. Acta Botanica Brassilica, vol. 24, n.1, São Paulo jan./mar.2010.

Brasil. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Institui a **Política Nacional do Meio Ambiente**, seus fins e mecanismos e de formulação e aplicação e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938compilada.htm)>. Acesso em: 13 jul. 2013.

Brasil. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a **Política Nacional de Recursos Hídricos** e cria o conselho nacional de recursos hídricos e o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: 13 jul. 2013.

Brasil. Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000. Institui o **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza** e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm)>. Acesso em: 02 nov. 2013

Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispões sobre a **Proteção da Vegetação Nativa**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651compilado.htm)>. Acesso em: 13 jul. 2013.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. 1936. **Geomorfologia: Ciência e Aplicação**, 2.ed, 12ª reimpr. São Paulo: Editora Blucher, 1980.

CORRÊA, Antonio C. B.; FONSÊCA, Deily N. **Lineamento de Drenagem e de Relevô como subsídio para a Caracterização Morfoestrutural e Reativações Neotectônicas da**

**área da Bacia do Rio Preto, Serra do Espinhaço Meridional – MG.** Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n.1, Setembro de 2010. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewFile/334/238>>. Acesso em: 11 Jan. 2010.

CUNHA, Sandra Baptista et al. **Geomorfologia do Brasil**. 2. ed, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

CUNHA, Sandra Baptista et al. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 8. ed, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**, 1981. Escala 1:600 000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação do Solos**. 2. Ed, 1<sup>o</sup> imp., Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FLORENZANO, Tereza Galloti. (Org.). **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FUJITA, Rafaela H.; GON, Priscila P.; STEVAUX, Jose C.; SANTOS, Manoel L.; ETCHEBEHERE, Mario L. **Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR**. Revista Brasileira de Geociência, v.41, n.4, São Paulo, 2011. Disponível em: <[http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0375-75362011000400005&script=sci\\_arttext](http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0375-75362011000400005&script=sci_arttext)>. Acesso em: 11 jan. 2014.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2. ed, Rev. E atual, São Paulo: Edgard Bluscher, 1988.

INSTITUTO AGRONÔMICO PARANÁ. **Tabela Monitoramento de médias históricas da estação meteorológica de São Miguel do Iguaçu no período de 1983 à 1997**. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/image/monitoramento/medias\\_historicas/sao\\_miguel.htm](http://www.iapar.br/arquivos/image/monitoramento/medias_historicas/sao_miguel.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2013.

INSTITUTO CHICO MENDES DA BIODIVERSIDADE. **Parque Nacional do Iguaçu**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/parnaguacu>>. Acesso em: 11 jul. 2013.

MACHADO, Luiz E.; LIMA, Claudia V. **Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Rio Água Limpa (GO) com base em parâmetros morfométricos e morfográficos**. Revista Ateliê Geográfico, Goiania-GO, 2013. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/ateliê/article/viewFile/20271/15711>>. Acesso em: 12 jan. 2014.

MINEROPAR. **Mapas Geológicos para Download**: Folha de Foz do Iguaçu e Folha de Guaraniáçu. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=154>>. Acesso em: 12 jan. 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. 1999. **Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguaçu**. Disponível em: <[http://www.cataratasdoiguacu.com.br/manejo/siuc/planos\\_de\\_manejo/pni/html/index.htm](http://www.cataratasdoiguacu.com.br/manejo/siuc/planos_de_manejo/pni/html/index.htm)>. Acesso em: 20 jul. 2013.

MORELLATO, Leonor P.C.; HADDAD, Célio F.B; **Introduction: The Brazilian Atlantic Forest**. Biotropica, vol.32, n. 4b, pg.786 – 792, Special Issue 2000.

PARANÁ, Governo do Estado. Lei nº12726, de 26 de novembro de 1999. Institui a **Política Estadual de Recursos Hídricos** e adota outras providências. Disponível em: <<http://celepar7cta.pr.gov.br/seeg/sumulas.nsf/9973229f063f4a8d03256c2f007a992a/8c56f0aff5b8de3903256e990068a3bb>>. Acesso em: 11 jul. 2013.

PARANÁ, Governo do Estado. Resolução SEMA nº 024, de 06 junho de 2006. Institui as **Diretrizes para Gestão de Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <[http://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form\\_cons\\_ato1.asp?codigo=1355](http://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?codigo=1355)>. Acesso em: 11 jul. 2013.

POPP, José Henrique. 1939. **Geologia Geral**. 6. ed, Rio de Janeiro: LTC, 2010.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Brasília, DF: MMA, 1997. 446 p.

SALAMUNI, R., E. SALAMUNI, L. A. Rocha & a. L. Rocha. 2002. **Parque Nacional do Iguaçu, PR**: Cataratas de fama mundial. Pp. 313-321. In: Schobbenhaus, C., D. A. Campos, e. T. Queiroz, M. Winge & M. L. C. Berbet-Born (Eds.). Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. Brasília, Comissão Brasileira de Sítios geológicos e paleobiológicos (SIGEP).

SILVA, Alexandre M.; SCHULZ, Harry E.; CAMARGO, Plínio B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. 2. ed, RiMa. São Carlos – SP, 2007.

SILVA, Danielle G.; MELO, Rhaissa F. T.; CORRÊA, Antonio C. B. **A Influência da Densidade de Drenagem na Interpretação da Evolução Geomorfológica do complexo de tanque do município de Brejo da Madre de Deus – Pernambuco, Nordeste do Brasil**. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 26, n. 3, jun/ago. 2009. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewFile/218/159>>. Acesso em: 12 jan. 2014.

SILVEIRA, C.T.; OKA-FIORI, C.; FIORI, A.P.; ZAIC, C. **Mapeamento de Declividade de Vertentes: Aplicação na APA de Guaratuba / Paraná**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology; Goiânia – GO, Set. de 2006.

TEIXEIRA, Wilson; FAIRCHILD, Thomas R.; TOLEDO, Cristina M.; TAIOLI, Fabio. **Decifrando a Terra**. 2. ed, São Paulo – SP: Companhia Editora Nacional, 2009.

TONHASCA JR.; Athayde. **Ecologia e História Natural da Mata Atlântica**. Editora Interciência Ltda, Rio de Janeiro, 2005.

TUCCI, Carlos E. M. et al. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed, 1ª reimp. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009.

VILLELA, Swami. M.; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo-SP, 1975.

WICANDER, Reed; MOROE James S.; **Fundamentos da geologia** tradução AVRITCHER, Harue O.; São Paulo: Cengage Learning, 2009.