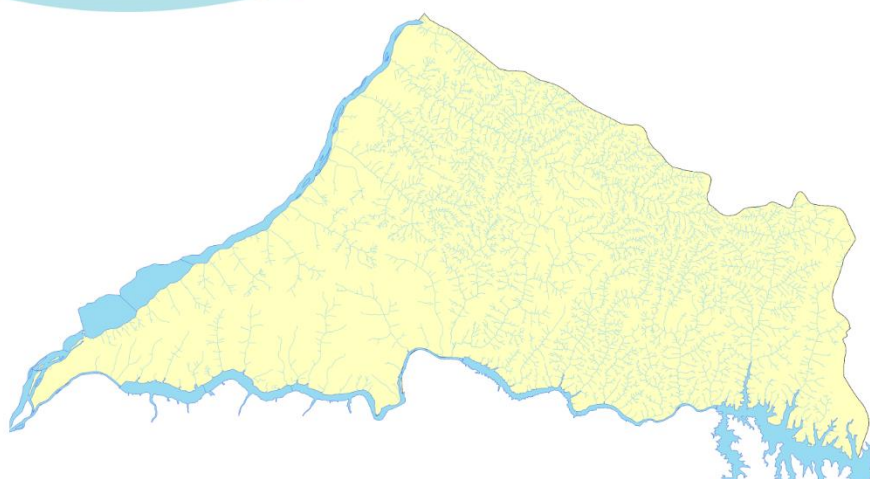




RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DE CANAIS FLUVIAIS DA UGRHI-22 E DO USO E COBERTURA DA TERRA

MARIANA RIBEIRO FERNANDES



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PRESIDENTE PRUDENTE
2020

MARIANA RIBEIRO FERNANDES

**RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DE CANAIS FLUVIAIS
DA UGRHI-22 E DO USO E COBERTURA DA TERRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - Mestrado Profissional - com área de concentração em Recursos Hídricos e Meio Ambiente, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Câmpus de Presidente Prudente, como requisito a obtenção do título de Mestre em Geografia com área de concentração em Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Ribeiro de Araújo.

F363r

Fernandes, Mariana Ribeiro

Relação entre variáveis limnológicas de canais fluviais da UGRHI-22 e do uso e cobertura da terra / Mariana Ribeiro Fernandes.

-- Presidente Prudente, 2020

112 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientadora: Renata Ribeiro de Araújo

1. Uso e cobertura da terra. 2. Variáveis limnológicas. 3. UGRHI-22. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DE CANAIS FLUVIAIS DA UGRHI-22 E DO USO E COBERTURA DA TERRA

AUTORA: MARIANA RIBEIRO FERNANDES

ORIENTADORA: RENATA RIBEIRO DE ARAÚJO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em GEOGRAFIA, área: Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. RENATA RIBEIRO DE ARAÚJO

Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente / FCT/UNESP - Campus de Presidente Prudente

Profa. Dra. MARIA CRISTINA RIZK

VIDEOCONFERÊNCIA

Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente / FCT/UNESP - Câmpus de Presidente Prudente

Profa. Dra. LIRIANE GONÇALVES BARBOSA

VIDEOCONFERÊNCIA

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

Presidente Prudente, 17 de julho de 2020

Dedico...

A DEUS,

A NOSSA SENHORA DE FÁTIMA,

AOS MEUS PAIS SANDRA E JOSÉ CARLOS,

AO MEU PADRASTO CÉSAR,

A MINHA ORIENTADORA, RENATA.

AGRADECIMENTOS

São Tomás de Aquino revela que existem três níveis diferentes de se demonstrar gratidão a alguém, sendo eles: o reconhecimento, o agradecimento e a retribuição.

Nesse sentido, agradeço em primeiro lugar a Deus por ter-me criado, por ser minha fonte de luz, amor e esperança em tudo aquilo que eu faço. Eu serei eternamente grata a Ele pelas experiências que vivi durante o mestrado, que mudaram a minha vida, contribuindo na formação da pessoa que eu me tornei.

A Virgem Maria, minha doce e adorável Mãe, que me foi dada na Cruz por Nosso Senhor Jesus Cristo, Verbo Encarnado, eu agradeço de todo o meu coração por todas as vezes que intercede por mim e me acolhe em seus braços de amor me sustentando em todos os momentos. *“Tuus totus ego sum, et omnia mea tua sunt”*. Para sempre sua escrava, por amor.

À minha família por sempre me apoiar e acreditar em mim, pelo apoio concedido em todos os dias de minha vida, especialmente naqueles momentos em que o desânimo se instalava. De forma especial coloco meus pais José Carlos e Sandra e o meu padrasto César. Amo vocês!

Aos meus irmãos, Yuri e Emanuely por permitirem que eu pudesse desfrutar de momentos bons e importantes na convivência de irmãos. Também agradeço pela compreensão por todas as vezes em que eu não pude dar a devida atenção por estar empenhada nas minhas atividades do mestrado.

A minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Renata Ribeiro de Araújo, um agradecimento especial por ser essa pessoa maravilhosa em todos os sentidos, desde o primeiro contato, passando muitas vezes a ter atitudes que ultrapassassem o seu papel de orientadora. Agradeço por toda a confiança e oportunidades que me foram depositadas, eu sempre me lembrarei de você com carinho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – Processo nº. 2017/24947-8 (Treinamento Técnico 3) - pelo apoio financeiro que viabilizou o desenvolvimento dessa pesquisa, dando condições suficientes para que eu pudesse dispensar um período significativo ao meu projeto e a todas as atividades que me foram destinadas.

Ao Projeto Temático da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processo nº. 2012/23959-9) - intitulado: “Mapeamento e Análise do Território do Agrohidronegócio Canavieiro no Pontal do Paranapanema - São Paulo - Brasil: Relações de trabalho, conflitos e formas de uso da terra e da água, e a saúde ambiental”, pelo suporte

técnico e financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa, bem como pelo aprendizado transmitido ao longo das reuniões e campos realizados. Nesse âmbito, agradeço ainda, ao Profº. Drº. Antonio Thomaz Júnior, coordenador do Projeto, pela credibilidade que me foi depositada para trabalhar juntamente com os demais pesquisadores deste Projeto, especificamente com a equipe “Águas” (Equipe 6).

Aos laboratórios de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos e TIE (Tecnologia da Informação Espacial), onde passei boa parte dos meus dias nos últimos anos e pude adquirir boas experiências e também novas amizades. Agradeço especialmente a Aline Aparecida dos Santos pela ajuda nos trabalhos de campo e mapeamento, ao Edmiller José Silva Degrande, pela sua imensa contribuição na elaboração e organização dos mapas de uso e cobertura a terra, a Amanda Rodrigues Correa, por toda a ajuda e troca de conhecimentos, que enriqueceram a minha pesquisa e a Carmen Maura Rocha, por toda a sua contribuição nas atividades laboratoriais no preparo de soluções. Muitíssimo obrigada!

Aos meus colegas de mestrado pelos momentos divertidos dentro e fora da sala de aula. Da mesma forma, agradeço por todos os professores que me ajudaram de maneira direta e indireta no desenvolvimento da minha pesquisa e pela troca de conhecimentos em sala de aula.

Aos meus amigos:

- Osmar Evandro Toledo Bonfim, pela amizade que construímos ao longo da nossa graduação e por ter me incentivado a ingressar no mestrado e dividir muitos dos momentos comigo;

- Gabriel Lucas Eduardo, pelos vínculos de amizade que formamos no decorrer do meu percurso no mestrado, dos quais eu pretendo cultivar a fim de estreitar os laços afetivos;

- Hugo Silveira Resende, por ter acompanhado parte dessa etapa de minha vida e ter permitido que eu dividisse minhas experiências, bem como, pelos momentos de descontração, que tornaram as situações difíceis em agradáveis. Da mesma maneira, eu agradeço de forma especial, por sua contribuição na elaboração da capa dessa dissertação e a de cada capítulo que ela compõe.

As minhas queridas amigas, Amanda Rodrigues Correa e Raquel Cabrera Gondim Machado, por todos os momentos que compartilhamos juntas, pela troca de conhecimento, pela acolhida e, especialmente pela amizade construída ao longo da minha jornada acadêmica. Vocês me ajudaram a me tornar uma pessoa melhor e significam muito para mim!

Ao Profº. Drº. Paulo César Rocha e a Profª. Drª. Maria Cristina Rizk que participaram da banca do Exame de Qualificação e colaboraram com as suas valiosas contribuições, sendo

essas fundamentais para o término dessa dissertação. Nesse sentido, agradeço também a Prof^a. Dr^a. Liriane Gonçalves Barbosa e, novamente, Prof^a. Dr^a. Maria Cristina Rizk, pelos seus apontamentos pertinentes para a versão final dessa dissertação que foram compartilhados durante a defesa.

E, por fim, agradeço a todos aqueles que por ventura eu tenha me esquecido, mas, que fizeram parte direta ou indiretamente da minha jornada no mestrado e que contribuíram de certa forma no meu crescimento pessoal e profissional.

A todos vocês, meu eterno (e sincero) agradecimento!

Ave Maria, gratia plena,

Dominus tecum

Benedicta tu in mulieribus

Et benedictus fructus ventristui, Jesus

Sancta Maria, Mater Dei,

Ora pro nobis peccatoribus

Nunc et in hora mortis nostrae

Amen.

“Os que não querem ser vencidos pela verdade, serão vencidos pelo erro”.

Santo Agostinho.

RESUMO

Ao longo dos anos, a região do Pontal do Paranapanema passou por diversas modificações no uso e cobertura da terra. Essas modificações, aliadas a outros fenômenos e processos naturais e antrópicos, podem levar a mudanças no estado das águas superficiais. Assim, o objetivo dessa pesquisa consistiu em analisar a correlação entre variáveis físicas, químicas e hidrológicas da água de canais fluviais da UGRHI-22, do Pontal do Paranapanema, juntamente com as classes de uso e cobertura da terra e a variável precipitação, para investigar os fatores antrópicos e naturais determinantes nas características das águas estudadas. O recorte espacial foi composto por áreas de drenagem e canais fluviais inseridos na UGRHI-22. As alíquotas de água foram amostradas em dez seções amostrais, pertencentes às seguintes bacias hidrográficas: do Rio Bonito, do Rio da Estação, do Ribeirão Cuiabá, do Ribeirão Vai-e-Vem, do Rio Pirapozinho, do Córrego da Areia Branca, do Córrego da Cascata e do Córrego do Burrinho. O estudo ocorreu em três etapas: trabalhos de campo (mensuração de variáveis físicas e químicas das águas e variáveis hidrológicas), que ocorreram nos meses de fevereiro e novembro de 2018, procedimentos laboratoriais (mensuração de variáveis físicas e químicas das águas) e atividades em gabinete (revisão bibliográfica, aquisição de dados de precipitação, elaboração de mapas de uso e cobertura da terra, aplicação de técnicas de estatística multivariada). As classes encontradas nos mapas de uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas analisadas foram a pastagem, o solo exposto, a cultura temporária, a cobertura florestal e a área urbana. Os dados pluviométricos demonstraram uma variação sazonal em função dos diferentes períodos do ano, com um verão úmido e inverno seco. A Análise de Componente Principal (ACP) apresentou maiores valores de oxigênio dissolvido para o mês de menor precipitação e maiores valores do íon-amônio para o mês de maior precipitação. Estes resultados revelaram conectividade entre os ambientes aquáticos e terrestres em razão da precipitação. Além disso, a conectividade entre os ambientes terrestres e aquáticos promove entrada de nitrogênio amoniacal nos sistemas aquáticos. A Análise de Cluster (AC) indicou similaridade entre as classes solo exposto, pastagem, florestal e cultura temporária. Esta similaridade pode ser explicada em razão da apropriação do território pela classe cultura temporária, representada pela cana-de-açúcar. Os resultados da AC indicaram também que a classe urbana, quando há um aumento da vazão, há incremento de frações orgânicas e inorgânicas nas águas, como exemplo as frações de fósforo total e nitrogênio amoniacal em eventos de precipitação.

Palavras-chave: Uso e cobertura da terra. Variáveis limnológicas. UGRHI-22.

ABSTRACT

Over the years, the Paranapanema Pontal region has undergone several changes in land use and coverage. These changes, combined with other natural and man-made phenomena and processes, can lead to changes in the state of surface waters. Thus, the objective of this research was to analyze the correlation between physical, chemical and hydrological variables of the water of river channels of UGRHI-22, in Paranapanema Pontal, together with the classes of land use and cover and the variable precipitation, to investigate the anthropic and natural determining factors in the characteristics of the studied waters. The spatial cut was made up of drainage areas and river channels inserted in the UGRHI-22. The water aliquots were sampled in ten sample sections, belonging to the following hydrographic basins: Rio Bonito, Rio da Estação, Ribeirão Cuiabá, Ribeirão Vai-e-Vem, Rio Pirapozinho, Córrego da Areia Branca, Córrego Cascata and Córrego do Burrinho. The study took place in three stages: field work (measurement of physical and chemical variables of water and hydrological variables), which occurred in the months of February and November 2018, laboratory procedures (measurement of physical and water chemistry) and office activities (literature review, acquisition of precipitation data, preparation of land use and land cover maps, application of multivariate statistical techniques). The classes found in the land use and land cover maps of the hydrographic basins analyzed were pasture, exposed soil, temporary culture, forest cover and urban area. The rainfall data showed a seasonal variation depending on the different periods of the year, with a humid summer and dry winter. The Principal Component Analysis (PCA) showed higher values of dissolved oxygen for the month with less precipitation and higher values of ammonium ion for the month with higher precipitation. These results revealed connectivity between aquatic and terrestrial environments due to precipitation. In addition, connectivity between terrestrial and aquatic environments promotes the entry of ammoniacal nitrogen into aquatic systems. The Cluster Analysis (CA) indicated similarity between the classes exposed soil, pasture, forest and temporary culture. This similarity can be explained by the appropriation of the territory by the temporary culture class, represented by sugarcane. The CA results also indicated that the urban class, when there is an increase in the flow, there is an increase of organic and inorganic fractions in the waters, as an example the fractions of total phosphorus and ammoniacal nitrogen in precipitation events.

Keywords: Land use and cover. Limnological variables. UGRHI-22.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22).	21
Figura 2 - A vegetação encontrada no Estado de São Paulo em 1920.	37
Figura 3 - Situação da cobertura vegetal em 1962 no Estado de São Paulo.	38
Figura 4 - Localização das seções amostrais na UGRHI-22.	42
Figura 5 - Equipamentos utilizados durante os trabalhos de campo: (a) condutivímetro, (b) turbidímetro, (c) oxímetro, (d) peagâmetro.	44
Figura 6 - Registro fotográfico de atividade realizada em campo.	45
Figura 7 - Registro fotográfico de uma das etapas do procedimento de filtragem das amostras de água coletadas em campo.	47
Figura 8 - Registro fotográfico de equipamentos utilizados durante a determinação dos materiais em suspensão (a) estufa e (b) forno mufla.	48
Figura 9 - (a) limpeza de vidrarias com sulfocrômica; (b) preparo de solução para a determinação de nutrientes.	48
Figura 10 - Registro fotográfico do procedimento realizado para a leitura das frações de fósforo total das amostras no espectrofotômetro.	49
Figura 11 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 1.	58
Figura 12 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 2.	60
Figura 13 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 3.	62
Figura 14 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 4.	64
Figura 15 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 5.	66
Figura 16 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 6.	68
Figura 17 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 7.	70
Figura 18 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 8.	72
Figura 19 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 9.	74
Figura 20 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 10.	76
Figura 21 - Distribuição anual das chuvas nas seções 1, 2,3 e 4.	79
Figura 22 - Distribuição anual das chuvas nas seções 5, 6, 7 e 8.	80
Figura 23 - Distribuição anual das chuvas nas seções 9 e 10.	81
Figura 24 - Análise de componentes principais e a ordenação das variáveis limnológicas em função do período de amostragem.	83
Figura 25 - Dendograma do comportamento das variáveis limnológicas, da precipitação e das classes de uso e cobertura da terra.	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações referentes as seções amostrais: coordenadas geográficas, nome do curso d'água e município.....	43
Tabela 2 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Bonito.	56
Tabela 3 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio da Estação.	59
Tabela 4 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá.	61
Tabela 5 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá.	63
Tabela 6 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Vai-e-Vem.	65
Tabela 7 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Pirapozinho.	67
Tabela 8 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Areia Branca.	69
Tabela 9 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Areia Branca.	71
Tabela 10 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Cascata.....	73
Tabela 11 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego do Burrinho.....	75
Tabela 12 - Estatística descritiva das variáveis limnológicas e hidrológicas analisadas nos 10 ambientes amostrados das bacias hidrográficas inseridas na UGRHI-22.	77
Tabela 13 - Precipitação média ocorrida nas bacias hidrográficas monitoradas.	78
Tabela 14 - Coeficientes de estruturas resultantes da ACP adotados aos dados limnológicos.	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC – Análise de Cluster

ACP – Análise Fatorial de Componentes Principais

CBH-PP – Comitê das Bacias Hidrográficas do Pontal do Paranapanema

CE – Condutividade Elétrica

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LEA – Laboratório de Estatística Aplicada

MDE - Modelo Digital de Elevação

MST – Material em Suspensão Total

MI – Material Inorgânico

MO – Material Orgânico

N-NH₄⁺ - íon amônio

NASA – National Aeronautics and Space Administration

NTU – Unidade Nefelométrica de Turbidez

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – potencial Hidrogênionico

PT – Fósforo Total

Q – Vazão

RGB – Red Green Blue

SIG – Sistema de Informação Geográfica

Temp – Temperatura da água

TIE – Tecnologia da Informação Espacial

Turb – Turbidez

TRMM – Tropical Rainfall Measuring Mission

UGRHI - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

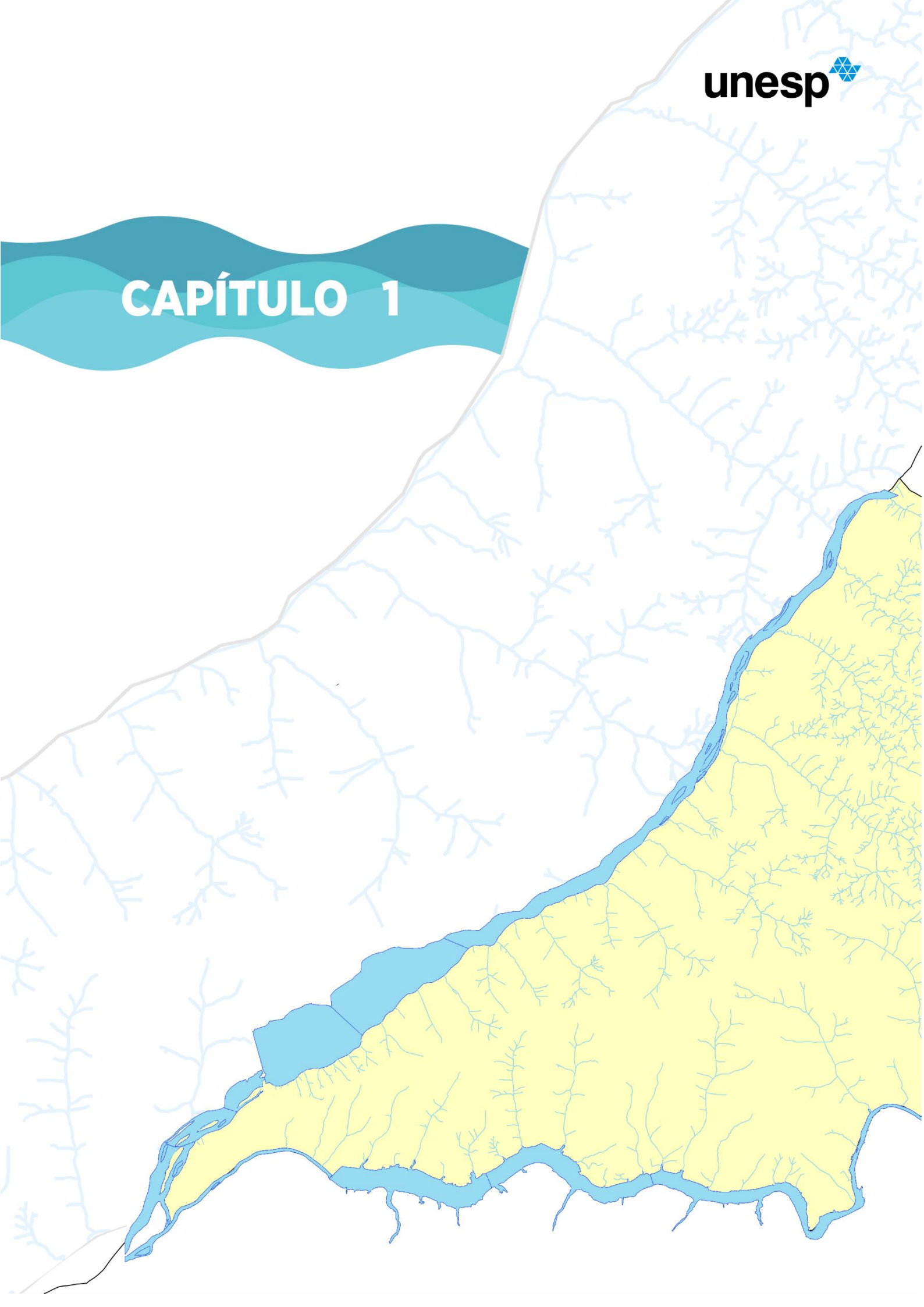
UTM - Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	187
1. INTRODUÇÃO	18
1.1. Área de estudo	2320
1.2. OBJETIVOS	233
1.2.1. Objetivo Geral	2323
1.2.2. Objetivos Específicos	23
CAPÍTULO II	24
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
2.1. Limnologia: um panorama sistêmico de ambientes lóticos.....	25
2.2. Variáveis limnológicas e sua atuação nos ecossistemas aquáticos.....	28
2.3. Bacia hidrográfica: um entendimento conceitual	31
2.4. Uso e cobertura da terra e sua influência no meio aquático	34
2.5. Região do Pontal do Paranapanema	36
CAPÍTULO III.....	40
3. METODOLOGIA.....	41
3.1. Trabalhos de Campo	41
3.1.1. Variáveis físicas e químicas das águas	41
3.1.2. Variáveis hidrológicas	45
3.2. Procedimentos laboratoriais.....	46
3.3. Atividades em gabinete.....	50
3.3.1. Revisão bibliográfica	50
3.3.2. Dados de precipitação.....	50
3.3.3. Mapa de uso e cobertura da terra	51
3.3.4. Técnicas de estatística multivariada	53
CAPÍTULO IV	55
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1. Uso e Cobertura da Terra.....	56
4.1.1. Bacia hidrográfica do Rio Bonito	56
4.1.2. Bacia hidrográfica do Rio da Estação.....	59
4.1.3. Bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá.....	61
4.1.4. Bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá.....	63
4.1.5. Bacia hidrográfica do Ribeirão Vai-e-Vem	65
4.1.6. Bacia hidrográfica do Rio Pirapozinho.....	67

4.1.7. Bacia hidrográfica do Córrego da Areia Branca.....	69
4.1.8 Bacia hidrográfica do Córrego da Areia Branca.....	71
4.1.9 Bacia hidrográfica do Córrego da Cascata	73
4.1.10 Bacia hidrográfica do Córrego do Burrinho	75
4.2 Variáveis limnológicas e hidrológicas.....	777
4.2.1 Dados pluviométricos	788
4.3 Análise de Componente Principal (ACP).....	82
4.4 Análise de Cluster (AC)	85
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
REFERÊNCIAS	96
APÊNDICE.....	111

CAPÍTULO 1



1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a região do Pontal do Paranapanema passou por diversas modificações no uso e cobertura da terra, precisamente por volta da década dos anos 40, quando os desmatamentos se intensificaram dando lugar às culturas do amendoim e do algodão (PASSOS, 2004). Predominantemente, a região do Pontal do Paranapanema é composta por áreas de agricultura mecanizada expressamente representada pelas culturas de cana-de-açúcar (CBH-PP, 2019).

Levando em consideração que o Pontal do Paranapanema se encontra em uma região de expansão da cana-de-açúcar (SANTOS; ROCHA, 2019), nota-se que os índices de cobertura vegetal nativa vêm diminuindo podendo provocar desconformidade com a questão ambiental, acarretando prejuízos às atividades humanas (FREIRE, 2017). Um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica se concentra na região do Pontal do Paranapanema e é conhecido como Parque Estadual do Morro do Diabo (PEMD), situado no município de Teodoro Sampaio (SÃO PAULO, 2006).

A cobertura florestal possui importantes influências na dinâmica dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Bacellar (2005) revela que:

“A preservação das florestas é fundamental para um adequado e equilibrado funcionamento dos ecossistemas e na manutenção da diversidade biológica. Elas também exercem funções significativas no controle da erosão, da desertificação, da qualidade da água e do sequestro do carbono atmosférico. Também constituem espaço para desenvolvimento de atividades sociais, ambientais e econômicas (BACELLAR, 2005, p. 31)”

Nos ecossistemas aquáticos a relação entre a cobertura florestal, contida na área de drenagem, e a qualidade e quantidade das águas dos cursos d'água estão intimamente relacionados. Estudos apresentam inúmeras funções ambientais da cobertura vegetal sobre os ecossistemas aquáticos (BRUIJNZEEL, 2004; FOLLMANN; FOLETO, 2013; PEREIRA et al., 2016; BASTRUP-BIRK et al., 2018).

De acordo com Piroli (2016), a presença das matas ciliares proporciona a manutenção dos ecossistemas e normaliza o fluxo das águas bem como a sua vazão, atuando fortemente como uma espécie de filtro das substâncias que chegariam até esses cursos d'água, mantendo assim a qualidade dessas águas.

Os parâmetros físico-químicos e biológicos das águas em um ambiente aquático podem esclarecer possíveis alterações e interferências que porventura estejam ocorrendo nas áreas de

drenagem dos ecossistemas terrestres, especialmente no que tange às atividades de origem antrópica quando essas ocorrem de forma irregular, comprometendo o equilíbrio metabólico no fluxo de matéria e energia. Silva et al. (2018) explicam que a qualidade e a quantidade de água dos corpos d'água não é resultado apenas de um conjunto de características naturais, mas também pelas ações de origem humana, que podem alterar os parâmetros físicos e químicos do meio aquático.

Alves et al.(2018) menciona que a qualidade da água se constitui em um conjunto de condições e de padrões essenciais para atender aos seus usos preponderantes, sejam eles atuais ou futuros. Para tanto, os autores trazem a necessidade em se estabelecer medidas operacionais que tem como objetivo conservar e melhorar a qualidade da água determinada para o corpo d'água, sendo que essas medidas podem ser possíveis por meio de monitoramentos ocorridos de forma temporal e espacial a partir da obtenção de um conjunto de variáveis físicas e químicas.

A obtenção de conhecimentos científicos é imprescindível para se conter, corrigir e prevenir os ecossistemas de águas interiores dos efeitos adversos, ocasionados por uma degradação que vem se intensificando ao longo dos últimos anos e que é proveniente do lançamento dos mais variados tipos de resíduos, da supressão da cobertura vegetal da bacia hidrográfica e da poluição do ar que posteriormente acaba desenvolvendo as chamadas chuvas ácidas (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Oliveira Filho e Lima (2002) alertam que as atividades típicas da agricultura podem influenciar significativamente na qualidade da água de um sistema hídrico, embora existam várias outras fontes que também contribuem com esses resultados.

Estudos realizados por Araújo et al. (2018), em bacias hidrográficas localizadas na região do Pontal do Paranapanema, revelaram que as áreas de drenagem apresentaram conectividade com os canais fluviais. Os autores observaram que em períodos com maiores valores de precipitação ocorridos na área de drenagem houve aumento da carga sedimentar nos corpos d'água.

Na mesma região, Fernandes et al. (2018) estudaram a influência da cana-de-açúcar sobre variáveis limnológicas e concluíram que, em anos com maiores áreas cobertas pelo cultivo da classe temporária foram encontrados maiores valores de material em suspensão na coluna d'água dos canais fluviais investigados.

A apropriação do território pela cana-de-açúcar na região do Pontal do Paranapanema foi abordada por Araújo et al. (2017, p. 12):

Na região do Pontal do Paranapanema, foi observada grande expansão da cana de açúcar a partir de 2002, com aumento substancial da área de produção e envolvimento espacial da rede de drenagem. Entre 2002 e 2013, a área plantada de cana aumentou em 11 vezes, e a extensão da rede de drenagem envolvida no processo produtivo em 15 vezes (ARAÚJO et al., 2017, p. 12).

Em relação ao aumento do cultivo da cana-de-açúcar no Pontal do Paranapanema os estudos de Araújo et al. (2018) e Fernandes et al. (2018) comprovaram que funções de força, tanto naturais quanto antrópicas, promoveram conexão entre o ecossistema terrestre e o aquático, resultando em modificações na qualidade das águas.

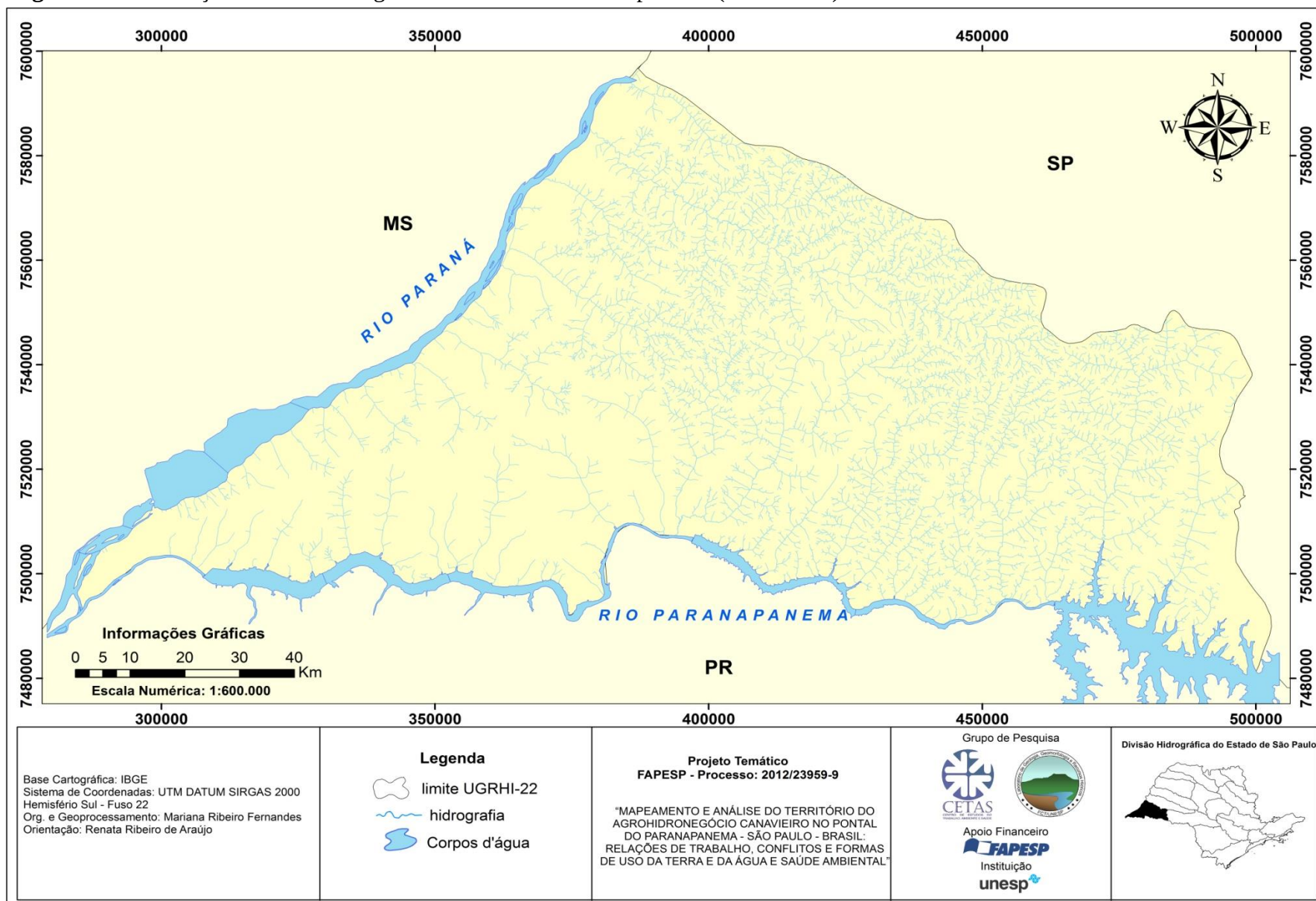
Neste contexto e tendo em vista a bacia hidrográfica como uma importante unidade básica de estudo, o trabalho avaliou a hipótese do uso e cobertura da terra e a precipitação serem fatores determinantes das características das águas de canais fluviais da UGRHI 22. Para tanto, o trabalho propôs o uso de técnicas da estatística multivariada e avaliação dos agrupamentos e similaridades entre as variáveis.

O trabalho foi organizado da seguinte maneira: o capítulo 1 aborda a introdução, a caracterização da área de estudo e os objetivos (geral e específico). No capítulo 2, apresenta-se a fundamentação teórica e, na sequência, expõe-se no capítulo 3 a metodologia aplicada à pesquisa. Dando continuidade, o capítulo 4 aborda os resultados e discussões e, por fim, o capítulo 5 traz as considerações finais que puderam ser obtidas com essa pesquisa.

1.1. Área de estudo

A partir da divisão hidrográfica em vinte e duas unidades hidrográficas do Estado de São Paulo, que foi determinada pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos, mediante a Lei Estadual de Nº 9.034/94, a bacia hidrográfica do Pontal do Paranapanema pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 (SÃO PAULO, 1994). Essa UGRHI se situa na porção oeste do Estado de São Paulo (Figura 1) com área limítrofe com outros dois Estados: Mato Grosso do Sul e Paraná.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22).



Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

De acordo com o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (2018), essa UGRHI tem como os principais cursos d'água o Ribeirão Pirapozinho, Rio Santo Anastácio, Ribeirão Anhumas, Rio Paranapanema, Ribeirão Laranja Doce e o Rio Paraná.

Integra-se um total de 26 (vinte e seis) municípios nessa UGRHI, denominados da seguinte maneira: Mirante do Paranapanema, Presidente Epitácio, Presidente Prudente, Euclides da Cunha Paulista, Anhumas, Iepê, Sandovalina, Estrela do Norte, Presidente Venceslau, Álvares Machado, Marabá Paulista, Caiuá, Rancharia, Tarabai, Rosana, Taciba, Nantes, Santo Anastácio, Teodoro Sampaio, Presidente Bernardes, Narandiba, Regente Feijó, Martinópolis, Pirapozinho, Indiana e Piquerobi (CBH-PP, 2019).

O recorte espacial dessa pesquisa consiste em canais fluviais inseridos na UGRHI-22, sendo que dos municípios pertencentes à UGRHI-22, apenas 6 (seis) deles fazem parte da área de estudo dessa pesquisa e se referem aos municípios de Teodoro Sampaio, Mirante do Paranapanema, Santo Anastácio, Sandovalina, Marabá Paulista e Martinópolis.

Ainda de acordo com o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (2018), as atividades econômicas de maior predominância estão voltadas para a agricultura (especificamente pelo monocultivo canavieiro), setor de serviços, agroindústrias (frigoríficos), indústrias do setor alimentício, bem como de gorduras vegetais e óleos.

Em termos de aspectos geológicos, a UGRHI-22 está em sua maioria estabelecida pelas rochas do Grupo Bauru, atingindo as Formações Adamantina, Caiuá e Santo Anastácio, bem como rochas do Grupo São Bento, contemplando a Formação Serra Geral e ainda, depósitos cenozóicos (SANTOS, 2018).

De acordo com Boin (2000), a Formação Adamantina acontece majoritariamente no Planalto Ocidental Paulista, exceto nas regiões mais baixas, dos vales dos rios onde os processos erosivos foram removendo os seus sedimentos. O mesmo autor elenca que a litologia das Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina são compostos de rochas areníticas, ao passo que a Formação Serra Geral é formada por derrames basálticos toleíticos, possuindo uma textura afanítica, alternando entre os arenitos finos a médios, intertrapeanos (CPTI, 1999).

Em termos climáticos, pode-se constatar que o Pontal do Paranapanema possui dois períodos bem divididos, com inverno seco e verão úmido. A área possui um clima transitório entre o Tropical e o Subtropical (FERRARI LEITE, 1998).

Geomorfologicamente, o Pontal do Paranapanema encontra-se no Planalto Ocidental Paulista, da bacia Sedimentar do Paraná. De acordo com Santos, Guedes e Etchebehere

(2011, p. 494) “em termos geomorfológicos, a área exibe relevo de conformação suave, formado por colinas amplas, com vales de pequena amplitude altimétrica e fundo chato, preenchidos por delgados depósitos aluviais”.

Os solos dessa região são formados predominantemente por dois tipos: os podzólicos que acabam intercalando com outras formações ainda que sejam em pequenas proporções e; os latossolos vermelho escuro (TORRES; SILVA-JUNIOR, 2010). De acordo com Leite (1998), devido à região ser composta de rochas areníticas, a presença de solos arenosos é bastante intensa. Santos (2018) complementa que a UGRHI-22 tem forte presença dos argissolos vermelho-amarelos e latossolos vermelho-amarelos.

1.2.OBJETIVOS

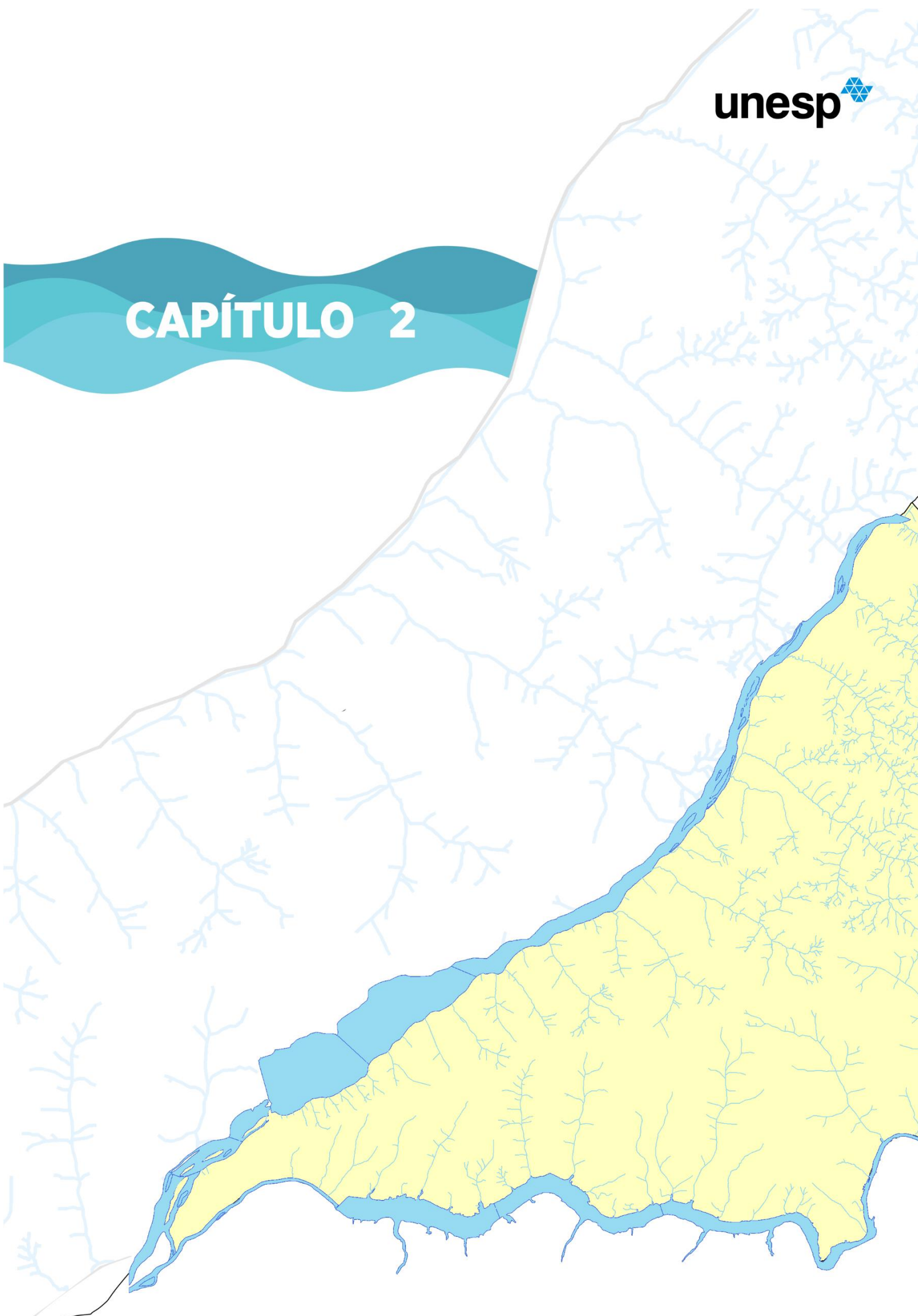
1.2.1. Objetivo Geral

Analisar a correlação entre as variáveis físicas, químicas e hidrológicas da água, de canais fluviais da UGRHI-22 do Pontal do Paranapanema, as classes de uso e cobertura da terra e a variável precipitação, para investigar os fatores antrópicos e naturais determinantes nas características das águas estudadas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analisar variáveis físicas, químicas e hidrológicas das águas, a partir da coleta de amostras de águas superficiais por meio de procedimentos laboratoriais;
- Observar o comportamento dos dados pluviométricos adquiridos para o período amostral;
- Avaliar o uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas monitoradas para identificar as classes predominantes;
- Aplicar técnica de estatística multivariada por meio da Análise de Componentes Principais (ACP) às variáveis físicas, químicas e hidrológicas da água e dados pluviométricos para identificar a variabilidade sazonal do período amostral;
- Utilizar a técnica de estatística multivariada, por meio da Análise de Cluster (AC) para as variáveis físicas, químicas e hidrológicas da água, dados pluviométricos e as classes de uso e cobertura da terra para detectar a similaridade entre os dados.

CAPÍTULO 2



2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o intuito de trazer um embasamento científico para esse estudo, a seguir serão apresentados os tópicos que envolvem os principais eixos temáticos da pesquisa: bacia hidrográfica e uso e cobertura da terra, levando em consideração os conceitos e teorias que integram esses assuntos. Nesse sentido, serão discutidos temas como limnologia, variáveis físico-químicas da água e a caracterização da região do Pontal do Paranapanema.

2.1. Limnologia: um panorama sistêmico de ambientes lóticos

Entende-se por limnologia como sendo a ciência que estuda as águas interiores como os rios, lagos, pântanos, estuários, represas, lagoas, riachos e todos os corpos d'água que banham o continente (ESTEVES, 1998; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). É importante mencionar, que embora a limnologia seja mais atuante no campo da ecologia, ela acaba abrangendo diversas outras áreas de atuação tornando-se uma ciência multidisciplinar.

Para entender um pouco sobre as questões que margeiam os ambientes aquáticos continentais, é necessário que se faça a leitura de alguns autores que abordam conceitos primordiais para uma análise mais ampla dos entendimentos acerca dos sistemas lóticos de determinadas bacias hidrográficas.

Nesse sentido, existem diversas teorias ecológicas, abordadas por vários autores que elucidam o funcionamento dos ambientes aquáticos, como por exemplo, Thoms, Southwell e McGinness (2005) que trazem a inter-relação dos ecossistemas de várzea-rio, e Rice, Greenwood e Joyce (2001) que discutem sobre o comportamento dos macroinvertebrados em função do perfil longitudinal dos sistemas fluviais.

Os pesquisadores Poff et al. (1997) tratam dos temas que envolvem o regime de fluxo natural. Ademais, Montgomery (1999) relata sobre os processos dominantes e contínuos ao longo do rio e Newbold, Elwood e Winkle (1982) trazem as questões que envolvem o espiralamento de nutrientes em sistemas fluviais e as implicações dos fatores limitantes de nutrientes e as influências nas atividades dos invertebrados.

Entre todos esses conceitos existentes, optou-se por destacar e discutir alguns desses que possuem certa relevância, mediante os temas dessa pesquisa. **Conceito Contínuo Fluvial** (VANNOTE et al., 1980); o **Conceito do Pulso de Inundação** (JUNK et al., 1989); o **Conceito das Quatro Dimensões em Ecossistemas Lóticos** (WARD, 1989); o **Conceito da**

Descontinuidade Fluvial (WARD; STANFORD, 1983) e o; **Conceito da Imparidade com o Descontínuo Fluvial** (POOLE, 2002).

O Conceito do Contínuo Fluvial é descrito por Vannote et al. (1980), onde descrevem a maneira como as comunidades biológicas se instalam e as funções que essas desempenham ao longo de um sistema fluvial, sendo essa resposta ao gradiente dos fatores físicos que se acarretam por toda a rede hidrográfica. Os autores completam que as condições que representam o gradiente estão relacionadas às características físicas do canal como a velocidade, a largura, a profundidade, o volume e a temperatura, que mudam em função da seção do rio (alto, médio ou baixo curso) e expressam a continuidade dessas variáveis frente a energia cinética ali desempenhada.

Em contraposição, Ward e Stanford (1983) trazem o Conceito do Descontínuo Fluvial, determinando que a bacia hidrográfica seja um sistema livre de poluição e de outros distúrbios, com exceção de atividades que visem o represamento dos canais fluviais, pois, nesse caso o gradiente é rompido mediante as condições ambientais e modifica o perfil longitudinal do rio. As bacias hidrográficas, que em alguns casos, são impactadas pelas atividades humanas, como por exemplo, pelo represamento, provocam alterações na estrutura dos processos metabólicos e nas comunidades ecológicas ali existentes.

Nesse caso, os autores Ward e Stanford (1983) complementam relatando que a forma como a atividade impactante se comporta ao longo do sistema lótico é que vai conduzir as alterações longitudinais no meio biótico e abiótico. Mais a diante, os autores Ward e Stanford (1995) ampliaram esse conceito ao levarem em consideração o contato intrínseco que existe entre o rio e sua planície de inundação.

De acordo com o Junk et al. (1989), o Conceito do Pulso de Inundação se constitui em uma das principais atividades responsáveis pela existência, práticas interativas e a produtividade de uma parcela significativa da biota em ambientes lóticos de planície de inundação, que ocorre mediante as respectivas características de uma bacia hidrográfica, no tocante à geomorfologia e à hidrologia predominante. Independentemente se esses pulsos de inundação permanecem a curto ou em longo prazo, o efeito que surte nos processos metabólicos das comunidades ecológicas é de extrema importância para o fluxo de matéria e energia desses organismos, por meio de uma zona de transição entre o meio aquático e terrestre, podendo ocorrer de forma natural ou devido a uma ação antrópica que pode resultar em impactos ambientais.

Para Ward (1989) os sistemas fluviais de ambientes lóticos possuem uma estrutura com quatro dimensões que abrangem a longitudinal, lateral, vertical que se alteram ao longo do

tempo, sendo essa a quarta dimensão. Notoriamente, esse conceito traz uma complementaridade aos demais conceitos abordados anteriormente sobre o contínuo fluvial pelo perfil longitudinal do rio e do pulso de inundação que se estende de forma lateral.

De uma forma resumida, a dimensão longitudinal se refere aos processos que ocorrem no ambiente lótico desde a nascente até a foz do rio, já a dimensão lateral traz essas interações entre a planície de inundação e da vegetação ciliar, a dimensão vertical possui uma inter-relação entre as águas superficiais e as subterrâneas (aquíferos), estando em contanto direto com o lençol freático e por fim, a dimensão temporal ressalta a importância de se considerar a escala temporal para se entender as dinâmicas e os processos ocorridos em função de possíveis efeitos adversos ocasionados, que possam atingir as comunidades aquáticas e os seus processos metabólicos (WARD, 1989).

Poole (2002) aborda o Conceito da Imparidade com o Descontínuo Fluvial e, para o autor, o rio é considerado como um sistema único de caráter individual, dotado de características peculiares, tanto na sua estrutura quanto na função em que exerce na bacia hidrográfica, resultando em 'singularidade dentro do rio descontínuo'. Em outras palavras, o autor defende que a descontinuidade é ocasionada pelos diferentes ambientes geomorfológicos que compõem o rio em uma série longitudinal de segmentos, que se revezam devido a essas características físicas. Essas mudanças repentinas nas propriedades do fluxo do rio permitem que uma lacuna se crie no padrão que se espera de transições a jusante, ou seja, criando um padrão individual de cada fluxo de transições ao longo das dimensões do curso d'água.

A obtenção de conhecimentos acerca do comportamento das propriedades da água é indispensável quando se pretende identificar atividades que possam estar causando efeitos adversos no meio aquático e do mesmo modo serve para apontar medidas que regularizem as variáveis limnológicas, para que a qualidade da água atenda as exigências conforme os diferentes usos (ARRUDA et al. 2015).

Há uma variedade muito grande de elementos químicos na água, que se encontram na sua forma diluída nos mais diversos tipos e concentrações (SUGUIO, 2006). Em termos de qualidade da água, não necessariamente essa esteja intrinsecamente relacionada à sua pureza (ABREU; CUNHA, 2015; GONÇALVES, 2011), mas sim se as suas propriedades estão em consonância para os seus diferentes usos e apresentam valores aceitáveis.

A água apresenta características físicas, químicas e biológicas que variam em função do tempo (ex.: condições climáticas e hidrológicas) e do espaço (características da área no entorno e dos ecossistemas adjacentes) em que o curso d'água se insere. Com relação à

determinação da qualidade da água, devem-se levar em consideração as diferentes atividades predominantes no entorno de cada seção amostral, pois possivelmente essas correlações influenciarão o entendimento dos resultados que serão obtidos.

Uma bacia hidrográfica pode ser afetada significativamente, dependendo do grau de interferência humana que nela ocorre em função dos diferentes usos. Nesse caso, os autores Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008), evidenciam que para a realização de um planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, se faz necessária a implantação de pesquisas de caráter limnológico, visando melhorias na manutenção e recuperação dos ambientes aquáticos.

Nesse sentido, o monitoramento da qualidade da água é uma forma de investigação para compreender a magnitude de tais impactos nos córregos urbanos. Uma avaliação da qualidade da água restringe-se à verificação de sua adequação para determinados usos. Porém, em um monitoramento torna-se possível observar a tendência da qualidade da água e a forma com que ela é afetada através de diversos fatores, tanto antrópicos, como naturais (GASTALDINI; MENDONÇA, 2001).

2.2. Variáveis limnológicas e sua atuação nos ecossistemas aquáticos

A água apresenta uma série de componentes que estão presentes nesse meio aquoso e que são representados por suas características físicas, químicas e biológicas e, estas possibilitam o conhecimento da qualidade da água que pode ser constituída por meio de diversos parâmetros (VON SPERLING, 2007).

Mediante esse entendimento, é importante que se realize pesquisas nos canais fluviais em bacias hidrográficas, objetivando o conhecimento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos e o comportamento dos mesmos nesses ambientes aquáticos, que podem servir como uma importante ferramenta para tomar as medidas cabíveis nas bacias hidrográficas monitoradas (ABREU; CUNHA, 2015).

De todos os gases que se encontram na sua forma dissolvida na água, o oxigênio dissolvido é considerado o mais significativo para os ecossistemas aquáticos, por ter uma atuação vital nos processos dinâmicos no meio aquoso (FURTADO; ESTEVES, 2011). Ainda segundo os mesmos autores, o oxigênio presente na água provém principalmente dos processos fotossintetizantes e da atmosfera e é preciso levar em consideração a temperatura e a pressão da água para conhecer os níveis de solubilidade do oxigênio, assim como de qualquer outro gás que se encontre dissolvido na água.

A temperatura é uma variável que influencia em diversas reações e processos metabólicos que ocorrem no corpo d'água, especialmente na disponibilidade de oxigênio na água, nesse sentido, é válido que se estude esse parâmetro (BOTTINO, 2008), além disso, a temperatura tem influência direta na viscosidade e na tensão superficial da água (FIGUR; REIS, 2017). Com a queda da temperatura, a solubilidade do oxigênio se eleva, assim pode-se considerar que a concentração desse gás possui uma íntima relação com a oscilação da temperatura e da pressão atmosférica (MARGALEF, 1983). Além disso, o oxigênio é de suma importância para os organismos aeróbicos dependentes desse gás e é um dos principais parâmetros para identificar os níveis de poluição orgânica na água (VON SPERLING, 2007).

O pH consiste em um parâmetro físico significativo devido a influência que ele possui na absorção de nutrientes pelo ambiente aquático (BILLY et al. 2000). Rodríguez (2001, p. 50) complementa relatando que “o pH é uma importante variável na avaliação da qualidade da água influenciada por processos biológicos e químicos dentro do corpo da água” e que determinará se a água encontra-se em uma solução ácida, neutra ou alcalina mediante a quantidade de prótons e elétrons (FIGUR; REIS, 2017).

A condutividade elétrica consiste em um parâmetro limnológico que representa a capacidade que a água possui em transportar corrente elétrica, mediante a presença das concentrações iônicas, diante disso, quanto maior for a presença de cátions e ânions, maior será o valor de condutividade aferido (ESTEVES, 2011; CETESB 2017).

Para o autor Esteves (2011), a condutividade elétrica presente na água está associada a diversos fatores, como por exemplo, as condições geoquímicas que compõem a região, o clima predominante, mais precisamente aos períodos de seca e de chuva e, ainda por atividades de origem antrópica que podem alterar os níveis tróficos nos cursos d'água.

No caso da turbidez, essa se resume como sendo uma variável que está intrinsecamente vinculado com a presença de material em suspensão que promove a diminuição da transparência da água (CHAGAS, 2015; RAPOSO; BARROS; JUNIOR, 2009) representando o nível de interferência em que a luz passará pela coluna d'água (VON SPERLING, 2005).

Os sólidos que se encontram em suspensão contribuem diretamente para a formação da cor e da turbidez na água (VARGAS; ROMERO, 2006). O conjunto dos organismos vivos (bactérias, protozoários, algas e zooplâncton) juntamente com os detritos, representa os sólidos suspensos no meio aquático, fazendo referência ao material em suspensão nesses ecossistemas (OLIVEIRA, 2003). A CETESB (2017, p.05) complementa:

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (esta redução dá-se por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral etc (CETESB, 2017, p. 05).

“Os rios recebem das bacias hidrográficas e da rede de drenagem em que se inserem uma grande quantidade de matéria orgânica e inorgânica, que constitui a base da composição química da água e dos ciclos biogeoquímicos” (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008, p. 359).

Os sedimentos presentes nos cursos d’água são provenientes de material orgânico e inorgânicos, sendo esses resultantes dos processos erosivos que margeiam as bacias hidrográficas (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Os autores elucidam ainda, que em função da dimensão e da densidade, uma parte do material em suspensão vai se depositando e outra vai ficando em suspensão juntamente com algumas folhas e detritos.

Uma das variáveis que tem uma correlação direta com o comportamento dos sedimentos é a vazão. Medeiros, Segundo e Magalhães (2015) explicam que com o aumento da vazão, a velocidade do escoamento fluvial e a capacidade de transporte do rio são estimuladas, e ainda, a lavagem das margens são incrementadas, adicionando material particulado e dissolvido durante o transporte.

Souza e Knoppers (2003) constataam a existência de uma correlação entre os parâmetros morfológicos e da vazão em função da produção dos sedimentos que se encontram na sua forma em suspensão, sendo essas modificadas consideravelmente em relação aos diversos efeitos adversos, oriundos das ações antrópicas sobre as bacias de drenagem.

Em termos limnológicos, quando ocorre o uso de referências das concentrações de “amônia”, em grande parte se leva em consideração as duas formas de nitrogênio amoniacal (ESTEVES, 2011) já que ele se encontra dissolvido sob a forma ionizada (NH_4^+) e não ionizada (NH_3) no meio aquático (FERNANDES et al., 2018).

Diversos ambientes aquáticos continentais têm como um dos principais fatores limitantes da produtividade o fósforo (WETZEL, 2001; RICKLEFS, 2010). No entanto, nos últimos tempos considera-se que o nitrogênio assim como o fósforo pode influenciar na produtividade primária na maioria desses ecossistemas de água doce em diferentes regiões, sejam elas tropicais, subtropicais ou temperadas (SMITH et al., 2006; KOSTEN et al. 2009).

A concentração de fósforo e nitrogênio, na sua forma molecular e estequiometria, influenciam significativamente na produtividade dos ecossistemas aquáticos, que quando se

encontra em taxas elevadas, aumentam os processos fotossintetizantes e influenciam em todas as teias alimentares (ENSIGN; DOYLE, 2006).

A presença de fósforo em ecossistemas aquáticos de água doce pode ser ocasionada por meio de fontes naturais e artificiais. O fósforo total se equivale ao somatório de todas as formas de fósforo presentes em uma amostra de água e pode servir como base para estimar o nível de fertilização das águas, ou seja, qual o estado trófico em que o ambiente aquático se encontra (ESTEVES, 2011).

Do ponto de vista limnológico, todas as formas de fósforo são importantes. No entanto, o P-total e o P-orto assumem maior relevância. O primeiro por ser utilizado como estimativa do grau de fertilização (estado trófico) do ambiente aquático, e o P-orto por ser a principal forma de fosfato assimilada pelos vegetais aquáticos, microalgas e bactérias. Desta maneira, a quantificação dessas frações em pesquisas limnológicas torna-se indispensável (ESTEVES, 2011, p. 261).

O fósforo possui um papel primordial para todas as formas de vida, sendo o ortofosfato o nutriente que melhor se relaciona com os organismos autotróficos por ser facilmente encontrado e assimilado por esses seres vivos (FILHO; MOURA; MARINS, 2012).

Diante dessas questões, ressalta-se a relevância que os parâmetros limnológicos possuem para o entendimento da qualidade da água e, conforme elenca Barreto et al. (2014), o conhecimento da qualidade da água é essencial para a tomada de decisões na gestão dos recursos hídricos, sendo que esse conhecimento pode ser adquirido por meio dos diversos parâmetros que representam as suas características.

Assim também, se faz necessário compreender os possíveis usos e cobertura da terra que possam estar interferindo nos resultados obtidos a partir de uma visão holística e integradora dos sistemas ambientais.

2.3. Bacia hidrográfica: um entendimento conceitual

No que concerne aos conceitos abordados para bacia hidrográfica, alguns autores possuem similaridade ao entendimento. Piroli (2016) revela que as bacias hidrográficas são unidades físicas onde a maioria delas foi esculpida pelo dinamismo de processos naturais e define que essas unidades são representadas pela formação de sub-bacias e microbacias que possuem uma interligação dos fluxos hídricos que aumentam de forma hierárquica. Lima (2008) complementa esse conceito argumentando que bacias hidrográficas são delimitadas por um divisor de águas, que é a porção mais elevada do relevo. Zakia (1998) define a bacia hidrográfica como sendo um sistema aberto no âmbito geomorfológico que atua na dinâmica do fluxo de matéria e energia.

De acordo com Silveira (1997), Christofolletti (1999) e Lima, Lima e Rodrigues (2019), a bacia hidrográfica é entendida como uma área que recebe de forma natural a água que provém da chuva e que conduz o escoamento para o seu exutório, que é o ponto de saída da água. Em conformidade com os mesmos autores, esse ponto de saída é composto por um conjunto de vertentes e uma rede de drenagem contida por diversos cursos d'água que se encontram até constituírem em um único leito no exutório.

Devido à bacia hidrográfica ser considerada um elemento sistêmico, os processos de entrada e saída de água ocorrem por meio da precipitação e pelo escoamento superficial (exutório), respectivamente, em toda a área da bacia hidrográfica (TUCCI, 2009; PORTO; PORTO, 2008). Ademais, é necessário que se leve em consideração as perdas durante os processos dinâmicos que ocorrem na bacia hidrográfica, seja por evaporação, transpiração ou infiltração da água na camada subsuperficial e subterrânea.

Tucci e Mendes (2006) salientam que as principais características da bacia hidrográfica estão relacionadas à declividade do rio e da bacia, ao comprimento do rio principal e a área que corresponde à drenagem por toda a sua extensão.

Vilaça et al. (2009, p. 03) defendem que “as bacias hidrográficas têm sido adotadas como unidades físicas de reconhecimento, caracterização e avaliação, a fim de facilitar a abordagem sobre os recursos hídricos”. Ainda de acordo com os mesmos autores supracitados, uma bacia hidrográfica apresentará comportamentos distintos em função dos dois fatores que podem interferir a longo prazo, seja de ordem natural ou antrópica.

Levando em consideração a constatação acima, são importantes que se conheçam as características do meio físico que compõem uma bacia hidrográfica, como os aspectos geológicos, geomorfológicos, litológicos, vegetação, clima, bem como os principais usos e cobertura da terra que se consolidam em questão, promovendo o entendimento do comportamento da mesma de forma a refletir em um planejamento ambiental.

Em termos de planejamento dos recursos naturais, as bacias hidrográficas podem ser consideradas como excelentes unidades para essas aplicações, bem como no que se refere a questões voltadas para a gestão e o manejo desses recursos naturais (PIROLI, 2016).

A Lei Federal nº 9.433/97 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e rege que a gestão das águas em território brasileiro ocorra de forma descentralizada, participativa e que leve em consideração os usos múltiplos (BRASIL, 1997). Nesse sentido, é possível constatar que a gestão dos recursos hídricos deve acontecer de uma forma integradora que vise à proteção dos ecossistemas aquáticos continentais, levando em consideração as questões sociais e econômicas envolvidas na gestão das águas.

A lei supracitada é considerada uma das mais relevantes no que diz respeito ao gerenciamento e a gestão das águas em bacias hidrográficas e estabelece fundamentos, objetivos e instrumentos que auxiliam no desenvolvimento de práticas direcionadas a gestão dos recursos hídricos no Brasil. Além disso, traz em um dos seus instrumentos o enquadramento dos corpos d'água em classes, em função dos diferentes usos com o objetivo de assegurar a qualidade e a quantidade de água para os mais diversos fins, evitando assim a poluição desses ambientes aquáticos.

Leal (2000, p.11) argumenta que “a gestão dos recursos hídricos deve desempenhar funções e operacionalizar um conjunto de ações específicas e integradas”, diante disso, é válido que se leve em consideração os aspectos físicos, sociais e econômicos da região em que a bacia hidrográfica está inserida. O autor Dorfman (1993, p.27) elenca quando observa que “só teremos uma boa gestão dos recursos hídricos uma vez estabelecidos os paradigmas de uma sociedade de desenvolvimento sócio-econômico equilibrado [...]”.

Outra prática que auxilia no enriquecimento do gerenciamento das águas, é a implantação dos comitês de bacias hidrográficas, que de acordo com a ANA - Agência Nacional das Águas – (2011, p. 11) pode ser conceituado como sendo “o fórum em que um grupo de pessoas se reúne para discutir sobre um interesse comum – o uso d'água na bacia”. O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) é instituído pela Lei Federal nº 9.984/00 (BRASIL, 2000) e o Comitê de Bacia Hidrográfica faz parte desse sistema.

Em termos de planejamento e de resolução dos problemas envolvidos na apropriação dos recursos hídricos, os comitês de bacias hidrográficas podem atender a essas questões incentivando o debate entre os representantes desses grupos (BERNARDI et al., 2012). A criação e atuação dos comitês de bacia hidrográfica também são redigidas pela lei supracitada, que reforça as suas atribuições e o papel que o mesmo desempenha nas bacias hidrográficas que lhe forem destinadas.

O entendimento do sistema hidrográfico é primordial no que tange ao aspecto físico de um relevo (SOUZA et al., 2013), especialmente por se tratar de um conjunto complexo. Baartman et al. (2013) relatam que a intensidade em que determinada bacia hidrográfica se encontra conectada com suas partes, está intrinsecamente relacionada com o nível de detalhamento e de complexidade da morfologia da paisagem ali presente. Bracken e Croke (2007) apontam três principais tipos de conectividades existentes em bacias hidrográficas que podem estar relacionadas à paisagística (relevo), hidrológica (percurso da água) e a sedimentológica (transporte de sedimento).

A bacia hidrográfica pode ser acatada como um sistema aberto (COELHO NETTO, 1998) devido a sua troca de matéria e energia se dar por meio de agentes externos, como por exemplo, o clima, e agentes internos conforme ocorre nos processos metabólicos de água, sedimentos e nutrientes. Levando em consideração esse entendimento, supõe-se que as modificações em que esses sistemas são submetidos podem trazer complicações tanto para o meio físico quanto o biológico.

Nesse sentido, não se pode estudar a bacia hidrográfica isoladamente ignorando os seus diversos componentes que fazem parte do sistema integrando as diversas partes como um todo (MATTOS; PEREZ FILHO, 2004). Os autores complementam ainda que ao analisar apenas um processo separadamente, não se pode entender a complexidade das inter-relações que existem e os possíveis fatores que compõem o ambiente.

2.4. Uso e cobertura da terra e sua influência no meio aquático

Os recursos hídricos possuem um papel primordial para o desenvolvimento das atividades agrícolas e nos abastecimentos urbanos e industriais, evidenciando a qualidade da água como um parâmetro fundamental para a diminuição de doenças de origem hídrica e ainda aumentando a produção nos setores primários e secundários (APARECIDO et al., 2016).

Segundo Von Sperling (2005), a qualidade da água possui uma relação com o uso e ocupação da terra e das condições naturais de uma bacia hidrográfica. As alterações nas atividades de uso da terra ocorrida em diversas partes do mundo, modificaram a qualidade dos recursos hídricos (MISERENDINO et al., 2011), nesse sentido, é necessário que se compreenda a relação que existe entre o uso e cobertura da terra e a qualidade da água a fim de detectar o que possivelmente possa estar comprometendo a qualidade da água, mantendo argumentos que possam subsidiar a gestão dos recursos hídricos (DE PAULA, BENEDETTI; FILHO, 2016).

A qualidade e a quantidade de água em uma bacia hidrográfica passam por modificações mediante o uso e a ocupação inapropriada que ocorrem nas proximidades dos mananciais, especialmente quando esses não possuem uma APP (Área de Preservação Permanente) em suas margens (BUCCI, 2015; GUIMARÃES et al., 2018).

Deste modo, o conhecimento sobre o uso da terra ganha importância para exibir a situação atual e os problemas gerados por ele, tornando-se base para planejamento e tomadas de decisões. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) afirma a importância de

se conhecer o uso da terra a fim de garantir sua sustentabilidade diante das “questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas e trazidas à tona no debate sobre o desenvolvimento sustentável” (IBGE, 2013, p.17).

Para se obter um diagnóstico da bacia hidrográfica, a estimativa da qualidade das águas superficiais atua como uma ferramenta importante por se desempenhar como um fator imprescindível para apontar os impactos ocorridos em função do uso e ocupação do solo (PIMENTA et al., 2009; MOURA, 2010; JARDIM, 2011).

O mapeamento do uso e cobertura da terra auxiliam na interpretação dos resultados e nos conhecimentos das atividades predominantes em uma bacia hidrográfica. O processamento digital de imagens e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) constituem em um dos aplicativos mais utilizados para analisar os dados oriundos de sensores remotos (GASPARINI et al., 2013). De acordo com Piroli et al. (2013), esses aplicativos são habilitados para armazenar, analisar e localizar de forma espacial os dados de um fenômeno que já tenham passado por um tratamento e foram analisados. Piroli (2010, p.6) complementa que:

O termo Geoprocessamento pode ser separado em geo (terra - superfície - espaço) e processamento (de informações - informática). Desta forma, pode ser definido como um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos (normalmente SIG), equipamentos (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados. Este conjunto deve permitir a manipulação, avaliação e geração de produtos (geralmente cartográficos), relacionados principalmente a localização de informações sobre a superfície da terra (PIROLI, 2010, p.6).

Nesse sentido, considera-se que o uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto constituem em uma exímia ferramenta quando associados a estudos ambientais, e diversas pesquisas acatam essa aproximação (CALDAS, 2006; SALAMENE, 2007).

Vários pesquisadores (RIBEIRO et al., 2016; MOURA; FUSO; ARAÚJO, 2016; ARAÚJO et al., 2019; FERNANDES et al., 2018; ASSUNÇÃO et al., 2020) encontraram correlações entre o uso e cobertura da terra e as variáveis físico-química das águas superficiais em bacias hidrográficas, indicando possíveis interferências desses usos na qualidade das águas.

A obtenção de conhecimentos acerca dos efeitos e processos oriundos dos diferentes usos do solo sobre o movimento das águas, bem como, dos sedimentos que se acumulam nos corpos hídricos de uma região, se exprime como sendo uma ferramenta importante para a tomada de decisões, para a obtenção de um manejo conveniente sobre o uso da terra e dos recursos hídricos (HORTA, 2006).

Silva e Souza (2012) esclarecem que a substituição da cobertura florestal pelas culturas agrícolas, pastagens ou ainda por edificações provenientes da urbanização desordenada ou mesmo mal planejada, podem atrapalhar a dinâmica de um ecossistema terrestre e/ou aquático. Dito isto, considera-se a importância em se obter um manejo adequado dos recursos naturais, seja no ambiente urbano ou rural, para fins da preservação ambiental e da qualidade de vida da população.

Considerando que uma bacia hidrográfica deve ser analisada a partir de uma visão holística e integrada, conhecer as atividades predominantes no entorno de uma bacia hidrográfica e classificá-las, se torna essencial para a compreensão de resultados posteriores da qualidade da água de um curso d'água, não apenas por um viés ecológico, mas sobretudo para assegurar a qualidade de vida da população e a disponibilidade desse recurso para atender as necessidades sociais e econômicas.

2.5. Região do Pontal do Paranapanema

De acordo com o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (Ano Base - 2018), esta UGRHI possui uma área de drenagem de 12.395 km², abrangendo em sua área importantes cursos d'água, como o Rio Santo Anastácio, Rio Paraná, Ribeirão Pirapozinho, Rio Paranapanema, Ribeirão Laranja Doce e Ribeirão Anhumas.

A região do oeste paulista possui um clima tipicamente tropical (BOIN, 2000) e é basicamente marcado pela presença de um período chuvoso que ocorre no verão e um período seco que predomina no inverno (MONTEIRO, 1973). Com relação à vegetação, predominam-se basicamente dois tipos nessa UGRHI, sendo eles: floresta estacional semidecidual e formação arbóreo-arbustiva nas porções onde existem as várzeas (Relatório de Situação, 2018).

Romagnoli e Manzione (2016) mencionam que Pontal do Paranapanema está inserido na Bacia Sedimentar do Paraná e que em termos de águas subterrâneas, essa região é revestida quase em sua totalidade pelos Aquíferos Bauru-Caiuá. Litologicamente, dentro do Grupo Bauru, essa UGRHI abrange as Formações Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá e, além disso, compõe a Formação Serra Geral por apresentar rochas do Grupo São Bento (SANTOS, 2018).

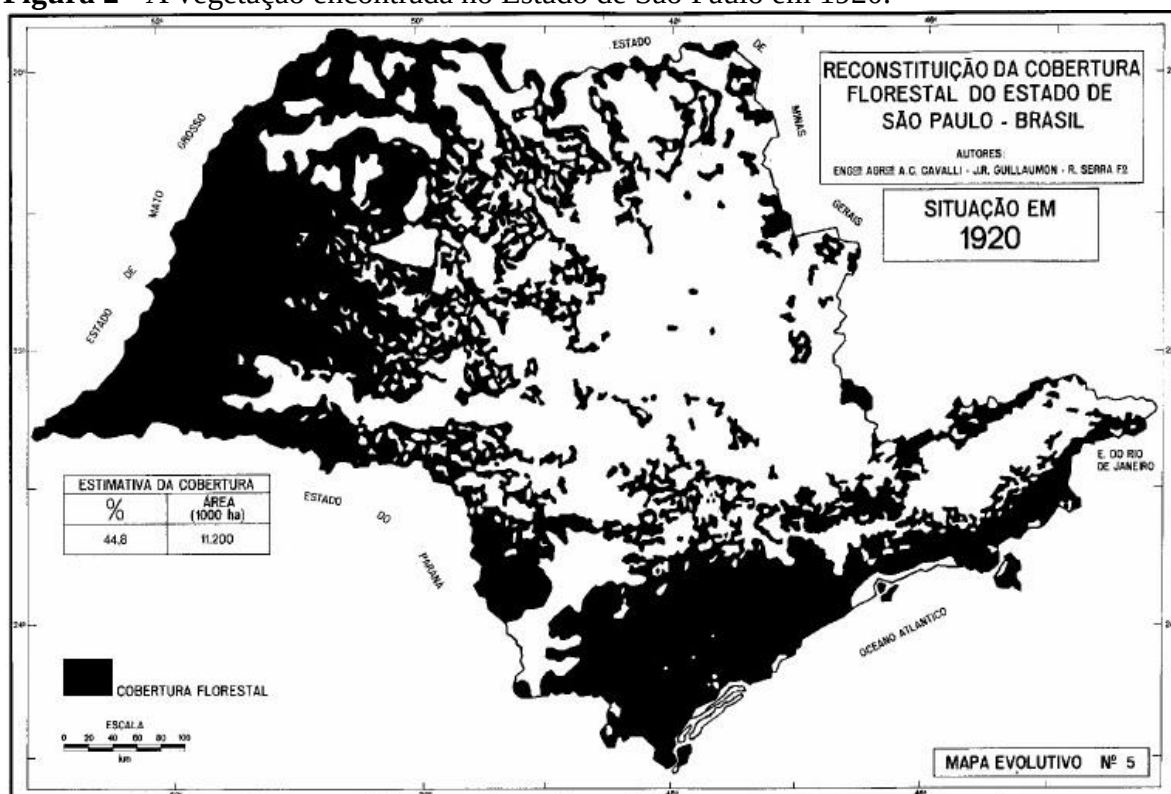
Notoriamente, as atividades econômicas predominantes estão voltadas para a mecanização da agricultura, especialmente ao monocultivo canavieiro, além de outras atividades voltadas à agroindústria fortemente atuante nos frigoríficos, nas industriais de

alimentos, bem como de óleos e gorduras vegetais. Ressalta-se ainda, intensas atividades para o setor de serviços, sobretudo no município de Presidente Prudente (CBH-PP, 2018).

Torres e Silva-Junior (2010) relatam que em termos de solo, a região do Pontal do Paranapanema é predominantemente contemplada com dois tipos de solo que são os podzólicos e os latossolos vermelho-escuro. De acordo com Almeida (1964), a geomorfologia predominante dessa região é composta de um relevo uniforme e invariável, apresentando extensos espigões que possuem perfis convexos e topos ondulados, permitindo a existência de baixas e amplas colinas. A continuidade do relevo é rompida apenas quando surgem os morros testemunhos intitulados Morro do Diabo e Morro Santa Ida (FERRARI LEITE, 1998).

De acordo com Ferrari Leite (1998), o Pontal do Paranapanema teve sua ocupação estimulada pela construção da Estrada de Ferro Sorocabana, que alcançou a área de Presidente Prudente em 1917, o mesmo autor complementa dizendo que “a estrada de ferro, antecedendo o café, cortou os sertões em busca do Rio Paraná” (FERRARI LEITE, 1998, p. 32). Por meio da Figura 2 é possível notar que por volta de 1920, o Estado de São Paulo ainda possuía boa parte da vegetação nativa, especialmente na região do Pontal do Paranapanema.

Figura 2 - A vegetação encontrada no Estado de São Paulo em 1920.



Fonte: VICTOR et al. (2005, p. 26).

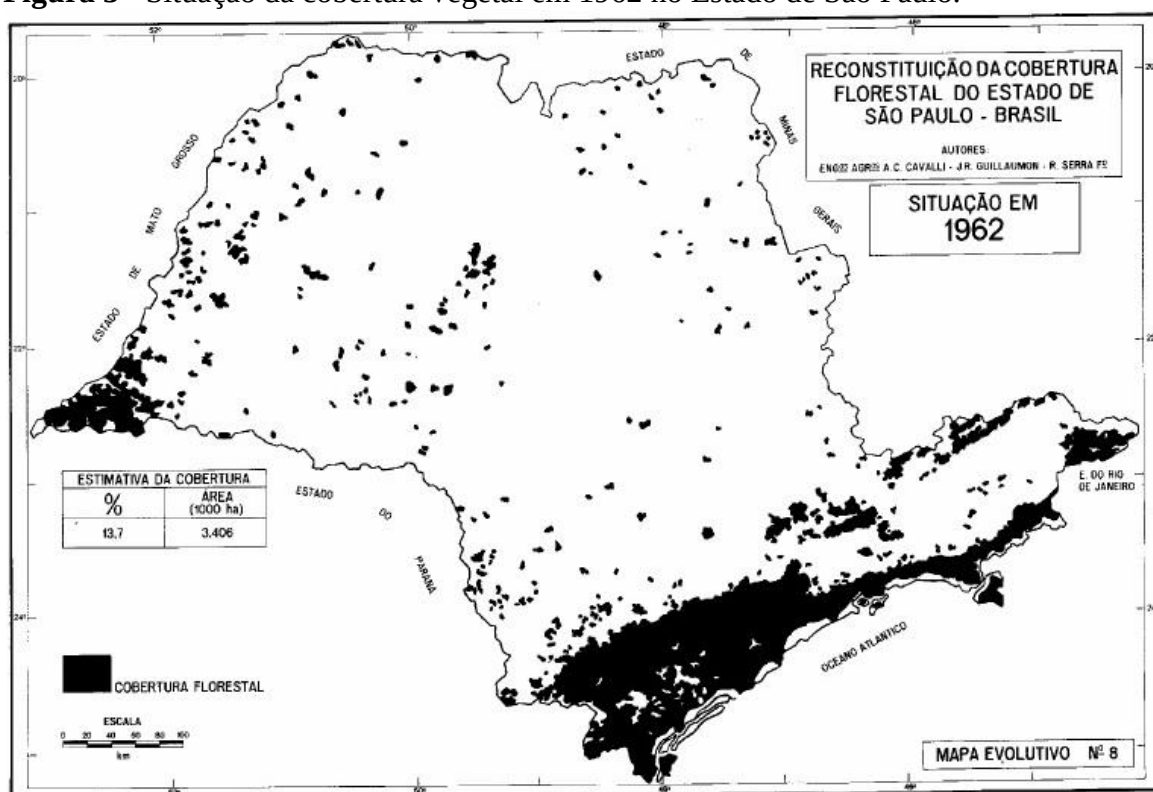
A implantação dessa ferrovia teve um papel importante para o desenvolvimento das terras paulistas, pois, em função de sua instalação foi possível interligar todo o território a importantes portos que possibilitaram o desenvolvimento do Estado, especialmente pelo Porto Epitácio que margeava o Rio Paraná em Presidente Epitácio (POLETTI, 2010).

Na região do Pontal, as matas se apresentavam parcialmente abundantes por volta da década de 40 (VICTOR et al., 2005) e, nessa mesma época, Passos (2004) menciona a ocupação das atividades agrícolas no município de Mirante do Paranapanema, trazendo o desmatamento nessas áreas, que foram ocupadas basicamente pela cultura do algodão e do amendoim. Ainda de acordo com Passos (2004), durante os anos de 1945 a 1965 os desmatamentos se intensificaram atingindo cerca de 240 mil hectares em áreas do Pontal para dar lugar a fazendas e sítios de gado.

Nesse momento, a fronteira agrícola não ultrapassou os ribeirões de Santo Antônio e das Anhumas, que passaram, assim, a limitar duas porções de ocupação bem diferenciadas: a leste, uma ocupação agrícola que provocou uma morfogênese muito agressiva, resultando num rápido exaurimento do solo, com erosão e assoreamento dos córregos e, a oeste desses ribeirões, a mata semidecídua, que somente mais tarde passou a ser substituída pelas pastagens (1945-1965), com uma evolução dinâmica característica, diferenciada da anterior (PASSOS, 2004, p. 178).

Essa constatação pode ser observada pela Figura 3, que apresenta a situação do Estado em 1962, onde é possível observar que aconteceu uma mudança significativa na vegetação e a região do Pontal começou a ter suas terras substituídas para outros fins.

Figura 3 - Situação da cobertura vegetal em 1962 no Estado de São Paulo.



Fonte: VICTOR et al. (2005, p. 37).

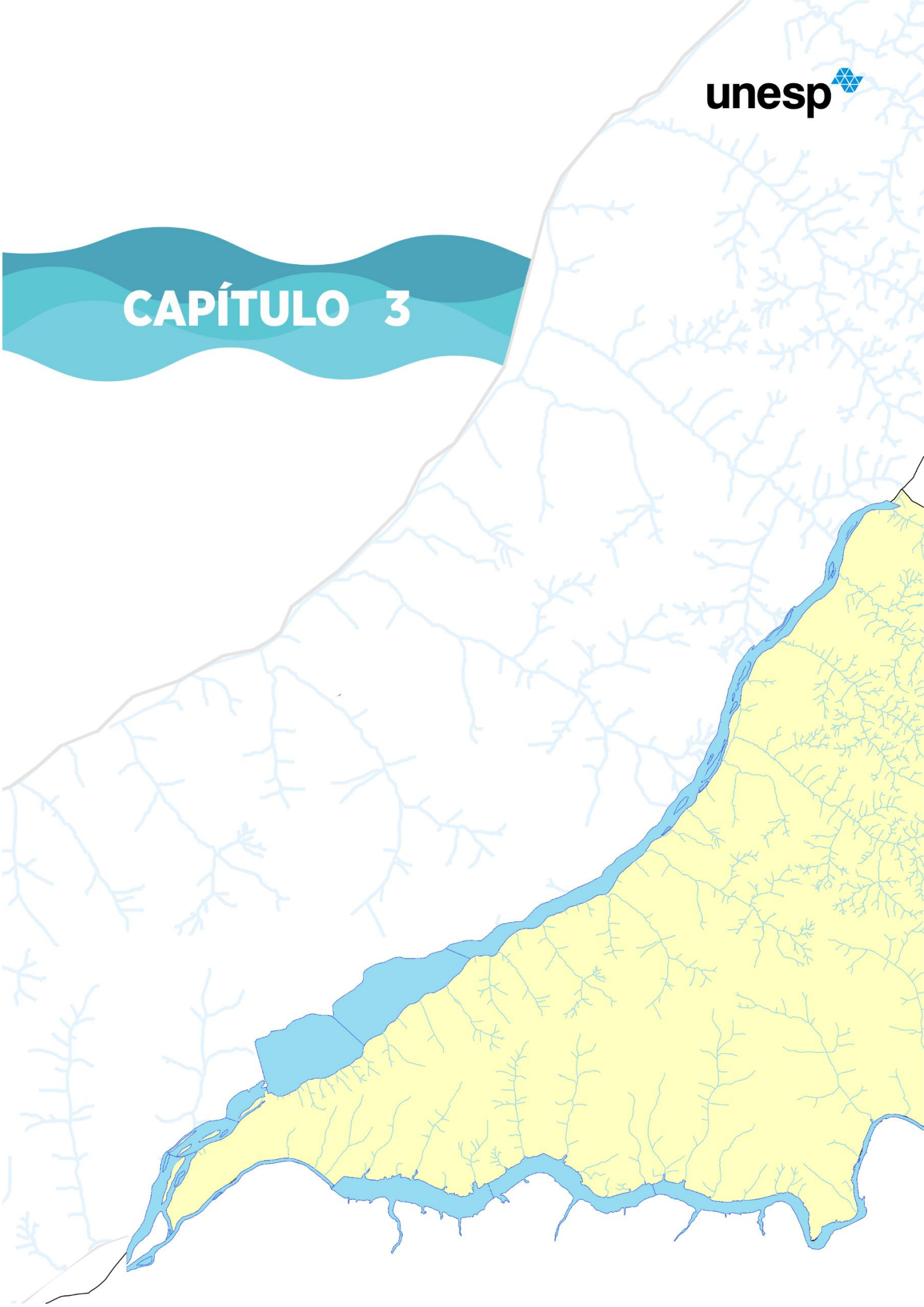
No decorrer dos anos, os mesmos processos de desmatamento se mantiveram juntamente com o avanço da agricultura e pecuária que resultaram em novas paisagens e perspectivas na região, mantendo uma das suas reservas florestais mais importantes para a região representada pela “Reserva Florestal do Morro do Diabo” (VICTOR et al., 2005).

De acordo com Poletti (2010) por volta da década de 1980, o Pontal do Paranapanema foi marcado pela instalação de indústrias do setor alimentício, especialmente aquelas voltadas para os derivados de carne, bebidas e leites. Historicamente, essa região tem como atividade principal a agropecuária (CBH-PP, 2018), mas, atualmente o uso e cobertura da terra dessa região são basicamente constituídos por pastagem e cana-de-açúcar (CBH-PP, 2019).

Os autores Araújo et al. (2017), relatam que o Pontal teve um salto na expansão canavieira em termos de área de 4.682 km² em 2007 para 5.273,08 km² em 2013. Este cenário é típico da agricultura brasileira, que teve um avanço na cultura da cana-de-açúcar nos últimos tempos com relação à área cultivada de cana, com o intuito de atender a produção de açúcar e álcool, sendo este, em virtude da crescente demanda dos veículos bicom bustíveis (SANTOS, 2011) e, no caso da região do Pontal do Paranapanema, o cenário não é muito diferente e a expansão canavieira tem se difundido trazendo consigo novas agroindústrias para o local (BARRETO; THOMAZ JUNIOR, 2012).

A busca por terras para a implantação da cana-de-açúcar na região do Pontal do Paranapanema é recente quando se leva em consideração outras regiões do Estado de São Paulo ou mesmo do país (BARRETO E THOMAZ JUNIOR, 2012). Essa região já foi utilizada para a implantação das culturas de café, algodão, amendoim e pecuária e que mais recentemente, tem a cana-de-açúcar presente em boa parte de suas terras (ROSA, 2017) sendo que em 2005, Barreto e Thomaz Junior (2012) destacam que essas práticas agrícolas obtiveram maior atuação no Pontal e se intensificaram a partir daí de forma gradativa ao longo dos anos seguintes.

CAPÍTULO 3



3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho foram realizadas as seguintes etapas: i) revisão bibliográfica; ii) obtenção dos dados físico-químicos e hidrológicos das águas; iii) obtenção dos dados de precipitação; iv) elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra; v) aplicação de técnicas de estatística multivariada; e vi) análise e discussão dos resultados.

Estas etapas foram executadas por meio de trabalhos de campo, procedimentos laboratoriais e atividades em gabinete. Os trabalhos de campo na área de estudo foram desenvolvidos para medição *in situ* de variáveis físico-químicas e hidrológicas das águas e verificação dos elementos de uso e cobertura da terra. Em laboratório foram realizados protocolos de mensuração de variáveis físicas e químicas das águas em estudo. Os laboratórios utilizados foram o TIE (Tecnologia da Informação Espacial) e o de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos da FCT/UNESP. Os procedimentos executados em gabinete ocorreram para a elaboração da revisão bibliográfica, para o geoprocessamento dos mapas de uso e cobertura da terra, obtenção e organização dos dados de precipitação, organização dos dados físico-químicos e hidrológicos das águas, aplicação dos testes estatísticos e análise e discussão dos resultados.

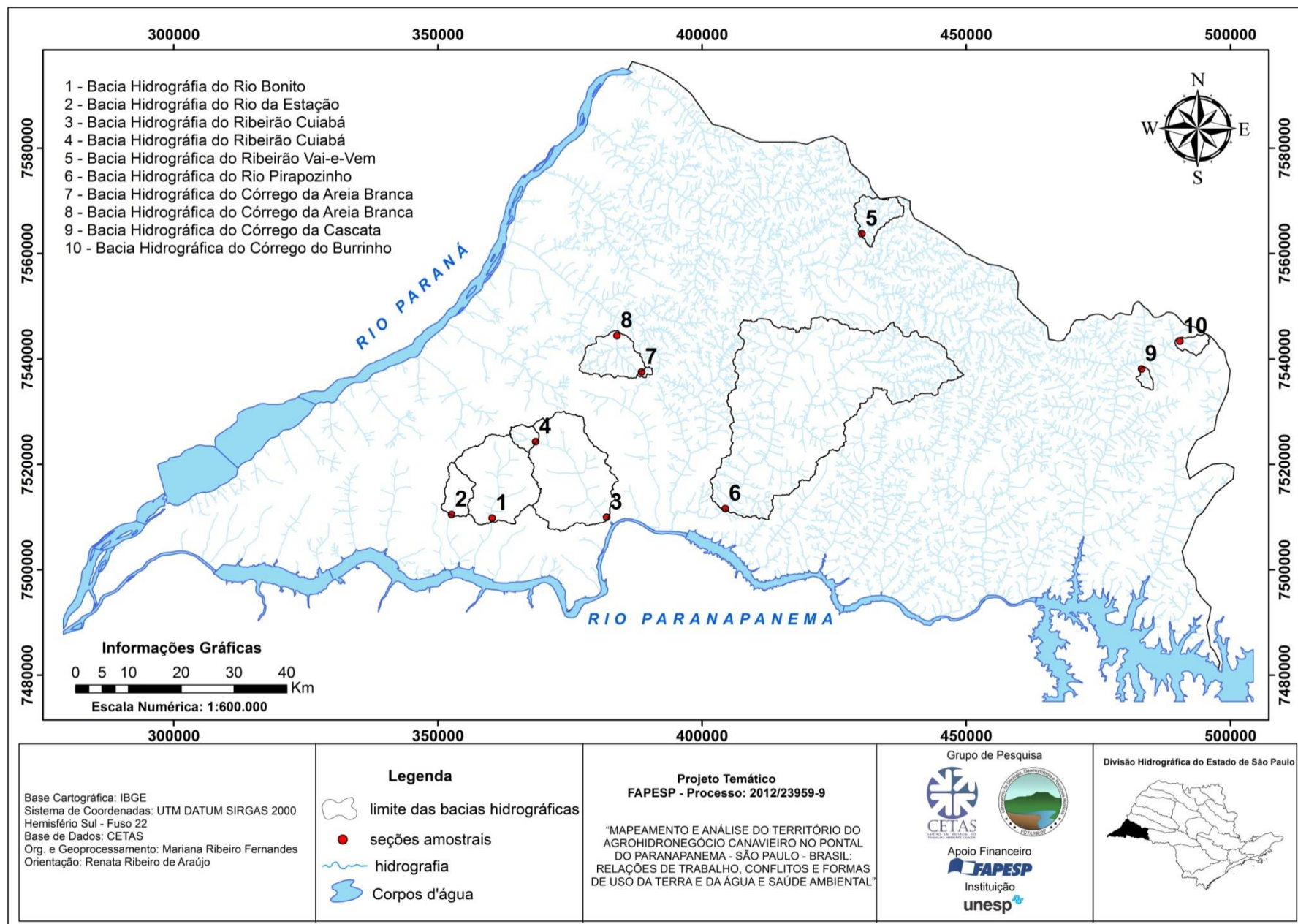
3.1. Trabalhos de campo

3.1.1. Variáveis físicas e químicas das águas

A mensuração de variáveis físicas e químicas das águas foi realizada em seções amostrais de canais fluviais em bacias hidrográficas da UGRHI-22 (Figura 4), inseridos no polígono do agrohidronegócio canavieiro, sendo elas: bacia hidrográfica do Rio Bonito, bacia hidrográfica do Rio da Estação, bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá, bacia hidrográfica do Ribeirão Vai-e-Vem, bacia hidrográfica do Rio Pirapozinho, bacia hidrográfica do Córrego da Areia Branca, bacia hidrográfica do Córrego da Cascata e bacia hidrográfica do Córrego do Burrinho.

As seções de amostragem foram escolhidas levando em consideração a acessibilidade das seções amostrais. Além disso, deu-se importância ao conhecimento do meio físico da bacia hidrográfica, contemplando seções amostrais sob influência de diferentes tipos de uso e cobertura da terra nas áreas de drenagem correspondentes. Nesse sentido, dez seções foram escolhidas dentro do recorte territorial da UGRHI-22 do Pontal do Paranapanema.

Figura 4 - Localização das seções amostrais na UGRHI-22.



Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

As informações referentes às seções amostrais, como canal fluvial em que se localizam, o município a que pertencem e sua localização por coordenadas geográficas, estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1 - Informações referentes às seções amostrais: coordenadas geográficas, nome do curso d'água e município.

Seção	Coordenadas (UTM)		Município em que a seção se localiza	Nome do curso d'água em que a seção se localiza
	X	Y		
1	360262	7509771	Teodoro Sampaio	Rio Bonito
2	352597	7510468	Teodoro Sampaio	Rio da Estação
3	381949	7509983	Mirante do Paranapanema	Ribeirão Cuiabá
4	368483	7524329	Teodoro Sampaio	Ribeirão Cuiabá
5	430252	7563751	Santo Anastácio	Ribeirão Vai-e-Vem
6	404398	7511584	Sandovalina	Rio Pirapozinho
7	388552	7537495	Marabá Paulista	Córrego da Areia Branca
8	383892	7544442	Marabá Paulista	Córrego da Areia Branca
9	483171	7538100	Martinópolis	Córrego da Cascata
10	490409	7543394	Martinópolis	Córrego do Burrinho

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Os trabalhos de campo ocorreram nos dias 07 e 08 de fevereiro e 20 e 21 de novembro de 2018, com o intuito de analisar o comportamento das variáveis físicas, químicas e hidrológicas em dois períodos diferentes no ano.

O trabalho de campo possui uma relevância significativa, pois é por meio dessa atividade que se obtém a coleta de dados para serem processados e analisados em laboratório e em trabalho de gabinete. No entanto, para que esse campo ocorra dentro das conformidades e objetivos a serem atendidos, é necessário que organize as etapas e os procedimentos necessários como os materiais para o campo, como por exemplo, a calibração de equipamentos, a calcinação dos filtros, os galões para armazenar a água coletada, os materiais de laboratório para a filtragem das amostras e os potes em que essas serão armazenadas no freezer.

As variáveis limnológicas aferidas em campo foram o oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, turbidez e temperatura da água. Para tanto, contou-se com o auxílio dos aparelhos digitais portáteis oxímetro, peagâmetro, condutivímetro, turbidímetro e termômetro, respectivamente.

O Quadro 1 apresenta a marca e modelo de cada aparelho digital utilizado para a medição das variáveis *in situ*.

Quadro 1 - Relação das marcas e modelos dos equipamentos utilizados durante os trabalhos de campo para medição das variáveis oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, turbidez e temperatura da água.

Variáveis Limnológicas	Marca/Modelo
Condutividade Elétrica	Tecnopon/mCA-150P
Oxigênio Dissolvido	Hanna/ HI 9146
pH	Hanna/ HI 8424
Temperatura da Água	Hanna/ HI 9146
Turbidez	Hanna/ HI 98703

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Todos esses equipamentos seguiram protocolo de calibração, indicados pelos fabricantes, antes de cada medição em campo para assegurar a exatidão e confiabilidade dos resultados medidos. A Figura 5 apresenta os equipamentos que foram utilizados nos trabalhos de campo, para a medição das variáveis *in situ*.

Figura 5 - Equipamentos utilizados durante os trabalhos de campo: (a) condutivímetro, (b) turbidímetro, (c) oxímetro, (d) peagâmetro.



Fonte: Arquivo Pessoal.

No campo, as amostras de água superficial, obtidas nas seções amostrais, foram conservadas em galões de polietileno com capacidade volumétrica de 5 litros e armazenadas

dentro de isopor com gelo para assegurar as propriedades físicas e químicas das águas. Em seguida, as amostras referentes a cada seção amostral foram encaminhadas para o Laboratório TIE, para posterior realização de procedimentos laboratoriais e mensuração das variáveis fósforo total e íon-amônio. A Figura 6 apresenta imagem de atividade prática realizada durante os trabalhos de campo.

Figura 6 - Registro fotográfico de atividade realizada em campo.



Fonte: Arquivo Pessoal.

3.1.2. Variáveis hidrológicas

Em relação aos dados hidrológicos, medidos em campo, foram mensuradas velocidades e vazões de fluxo nas seções amostrais. Para tanto, foi necessário que se calculasse previamente os valores da área e da velocidade do fluxo na seção transversal do canal, em cada seção amostral, de acordo com Cunha (1994). A área da seção transversal foi calculada de acordo com a equação 1. Os valores da largura e da profundidade média do canal foram medidos com a utilização de trena e régua.

$$A = L \times P \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

A = área da seção transversal (m²)

L = largura média (m)

P = profundidade média (m)

A velocidade do fluxo foi realizada utilizando-se material flutuante, cronômetro, régua e trena. O cálculo da velocidade foi realizado de acordo com a equação 2.

$$V = d / t \quad \text{(equação 2)}$$

Onde:

V= velocidade média do fluxo (m/s)

d = distância (m)

t = tempo (s)

A velocidade de fluxo foi realizada em tréplica e em seguida calculada a média aritmética da velocidade de fluxo, para posterior mensuração da vazão média do fluxo. A vazão média do fluxo foi calculada de acordo com a equação 3.

$$Q = A \times V \quad \text{(equação 3)}$$

Onde:

Q = vazão líquida (m³/s)

A = área da seção transversal (m²)

V= velocidade média do fluxo (m/s)

3.2. Procedimentos laboratoriais

Em laboratório, foram realizadas as medições de material em suspensão total (MST), matéria orgânica (MO), matéria inorgânica (MI), fósforo total (PT) e íon-amônio (N-NH₄⁺).

No laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos as amostras de águas foram filtradas utilizando-se membranas de fibra de vidro, com diâmetro de 47 mm, grau GF/C, poro de 0,45 µm, da marca Whatman e uma bomba de sucção a vácuo. A Figura 7 apresenta o suporte de filtração utilizado.

Figura 7 - Registro fotográfico de uma das etapas do procedimento de filtragem das amostras de água coletadas em campo.



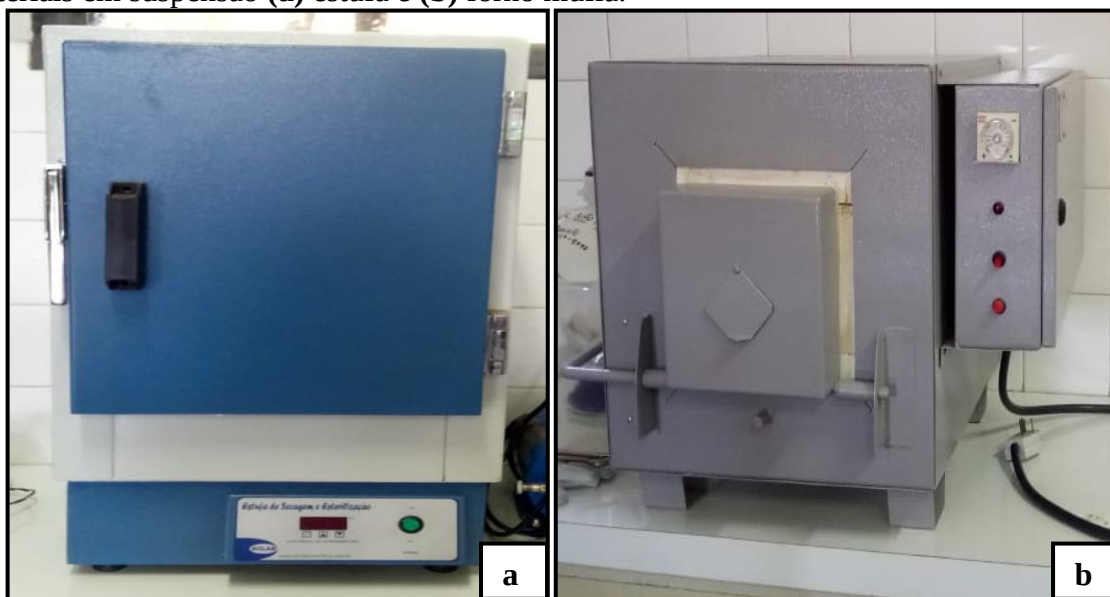
Fonte: Arquivo Pessoal.

Destaca-se que as membranas de fibra de vidro, que foram utilizadas para a filtragem das amostras de água, foram previamente calcinadas em forno mufla a uma temperatura de 470°C durante um período de quatro horas. Todas as membranas foram colocadas em bandejas de alumínio em uma sequência numérica, conforme a identificação de cada filtro. Todos os filtros foram pesados em balança analítica da marca Shimadzu AW220 e etiquetados com os seus respectivos números e pesos, em gramas (g), que posteriormente foram convertidos em miligramas (mg).

A quantificação de material em suspensão total (MST), material em suspensão total orgânico (MO) e material em suspensão total inorgânico (MI) das amostras foram de acordo com Wetzel e Likens (1991).

Neste protocolo, os filtros foram colocados em uma bandeja de alumínio e levados até uma estufa (Figura 8a) a uma temperatura estável de 100°C por 24 horas para retirada da umidade contida nos filtros. Após esse período, os filtros foram pesados novamente e levados para o forno mufla (Figura 8b), onde permaneceram por um período quatro horas, a uma temperatura de 470°C, para que toda a matéria orgânica fosse volatilizada e assim pudesse se obter a concentração de material inorgânico. Por diferença de pesos, houve a determinação das concentrações de MST, MI e MO.

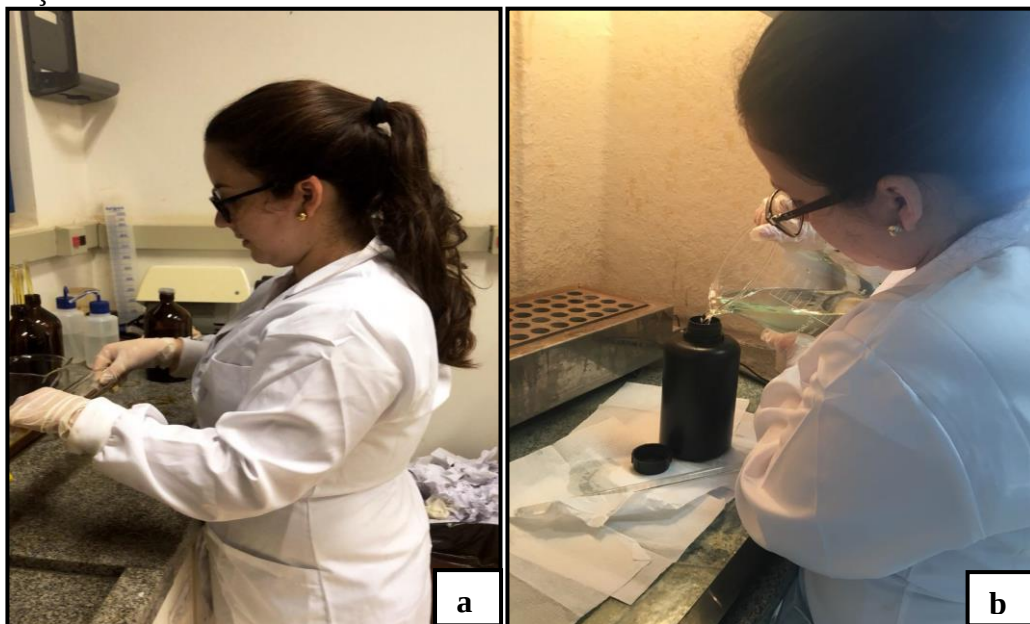
Figura 8 - Registro fotográfico de equipamentos utilizados durante a determinação dos materiais em suspensão **(a)** estufa e **(b)** forno mufla.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Após o procedimento de filtragem, uma alíquota da água filtrada foi preservada em freezer a -20°C em frasco de polietileno (500 ml), para determinação do íon-amônio (NH_4^+). Da mesma forma, alíquota de água não filtrada também foi preservada em freezer a -20°C , em frascos de polietileno (500 ml), para determinação das concentrações de fósforo total (PT).

Figura 9 - **(a)** limpeza de vidrarias com sulfocrômica; **(b)** preparo de solução para a determinação de nutrientes.



Fonte: Arquivo Pessoal.

No laboratório de Tecnologia da Informação Espacial, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, a fração de fósforo total, da amostra não filtrada, foi determinada por meio do método proposto por Mackereth, Heron e Talling (1978). Neste procedimento,

amostras foram colocadas em tubos de ensaio, em duplicata, para serem digeridas em uma solução saturada de persulfato de potássio. Posteriormente, esses tubos foram colocados em autoclave a uma temperatura de 120° C e 1 atm por volta de 40 minutos para que as amostras passassem pelo processo de digestão.

Em seguida, foi adicionado o reagente misto, preparado na hora, composto por molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio, ácido sulfúrico diluído e ácido ascórbico e, após 30 minutos foi feita a leitura em espectrofotômetro a 882 nm, medindo a intensidade da cor azul que é formada pela reação do fosfomolibdato nas amostras. A Figura 10 apresenta a leitura das frações de fósforo total em espectrofotômetro.

Figura 10 - Registro fotográfico do procedimento realizado para a leitura das frações de fósforo total das amostras no espectrofotômetro.



Fonte: Arquivo Pessoal.

A determinação do nitrogênio amoniacal seguiu os métodos de acordo com Koroleff (1976), onde ocorre a reação da amônia com a solução de fenol e hipocloreto de sódio, sendo essa reação catalisada pelo nitroprussiato de sódio. As amostras foram tampadas e levadas para um local escuro e, a cor azul se forma a partir de um período de 3 horas, permanecendo estável por 30 horas. Com o auxílio de uma cubeta, fez-se a leitura em um espectrofotômetro em um comprimento de onda a 630 nm.

A determinação das concentrações de nutrientes nas amostras foi desenvolvida por meio diversas práticas laboratoriais e todas as análises físicas e químicas realizadas para essa pesquisa consideraram as recomendações preconizadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

3.3. Atividades em gabinete

3.3.1. Revisão bibliográfica

Foi realizada revisão bibliográfica referente aos eixos temáticos dessa pesquisa e para tanto abordou-se os seguintes títulos na fundamentação teórica: i) Limnologia: um panorama sistêmico de ambientes lóticos; ii) Variáveis limnológicas e sua atuação nos ecossistemas aquáticos; iii) Bacia hidrográfica: um entendimento conceitual; iv) Uso e cobertura da terra e sua influência no meio aquático e; v) Região do Pontal Do Paranapanema.

Para tanto, apropriou-se de materiais relevantes e pertinentes para o desenvolvimento da fundamentação teórica, como por exemplo, obras literárias, artigos publicados em revistas, capítulos de livros, anais de eventos e publicações de documentos e relatórios públicos.

3.3.2. Dados de precipitação

As informações dos dados pluviométricos foram obtidas junto a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) por meio do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), 3B42-v7, disponibilizado pela plataforma *Giovanni The Bridge Between Data and Science* v 4.33. Para tanto, foram definidos pontos para a grade de coordenadas, conforme as informações de coordenadas geográficas de cada seção amostral, que posteriormente foram convertidas em graus decimais.

O intervalo de tempo escolhido foi o período de janeiro a dezembro de 2018 para dados diários. Em outro momento, esses dados foram somados para obter o acumulado mensal, utilizando-se dessas informações para as análises estatísticas.

Para assegurar a confiabilidade dos dados, foi realizada uma busca por estudos desenvolvidos por autores que se prontificaram a verificar as informações obtidas por esse tipo de satélite. Os pesquisadores Leivas et al. (2009), Pereira et al. (2013), Soares et al. (2016) e Collischonn (2006), objetivaram em suas pesquisas examinar a precisão dos dados de precipitação, pertencentes ao banco de dados deste satélite. Nesse sentido, o autor Collischonn (2006) afirma que os dados pluviométricos condizem fielmente ao regime de chuvas das bacias hidrográficas existentes no Brasil, seguindo a mesma linha dos autores Pereira et al. (2013), quando corroboram e elencam que estes dados representam os padrões de determinados espaços de precipitação anual em bacias hidrográficas brasileiras.

Ainda partindo desse pressuposto, os autores Leivas et al. (2009) asseguram que os dados acerca da precipitação, podem ser usufruídos para os mais diversos fins devido à credibilidade e precisão que eles apresentam. Soares et al. (2016) complementam que as

informações acerca desse banco de dados podem ser ainda melhores representadas quando se obtém um período de maior acumulação.

Para a análise do comportamento da precipitação nos ambientes amostrados, elaborou-se um gráfico com dados de precipitação mensal para o ano de 2018 para cada uma das seções de monitoramento e, posteriormente realizou-se um cálculo para encontrar a média mensal de cada mês para todas as bacias hidrográficas. Todos os dados foram compilados e organizados em planilhas eletrônicas.

3.3.3. Mapa de uso e cobertura da terra

Delimitação das bacias hidrográficas

A partir da delimitação das áreas de drenagem das bacias hidrográficas das seções amostradas, ou seja, as áreas de drenagem contribuintes para cada seção de amostragem limnológica, foi possível conhecer os limites territoriais das bacias hidrográficas estudadas. Para a realização desta etapa, foi necessária a obtenção do Modelo Digital de Elevação (MDE) pelas imagens do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) baixadas pelo TOPODATA (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil), que foram processados e analisados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), utilizando o *software* ArcGis© com licença concedida pelo laboratório de Geocartografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, Câmpus de Presidente Prudente.

Durante o procedimento, pôde-se obter toda a rede de drenagem da UGRHI-22, sendo essa essencial para a delimitação das sub-bacias hidrográficas monitoradas. Essa delimitação foi obtida por meio das ferramentas e etapas: Spatial Analyst Tools >Hydrology>Watershed. Os limites basearam-se na localização da seção amostral, levando em consideração toda a rede de drenagem do ponto.

O nome de cada bacia hidrográfica monitorada foi atribuído conforme a verificação de cartas topográficas de 1962, adquiridas no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As cartas utilizadas para este procedimento foram: SF-22-Y-A (IBGE, 1985); SF-22-Y-B (IBGE, 1979); SF-22-V-D (1980) e SF-22-Z-A (IBGE, 1979).

Classificação Supervisionada

Para a realização deste procedimento, foram obtidas imagens de satélite Landsat 8 adquiridas junto a base de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para o ano de 2018, objetivando a realização da classificação supervisionada, que consiste no agrupamento de amostras semelhantes para as diferentes classes detectadas. Os autores

Venturieri e Santos (1998, p. 353) complementam dizendo que “o método de classificação é dito supervisionado quando existe um conhecimento prévio de algumas áreas em que se deseja trabalhar, o que permite a seleção de amostras de treinamento confiáveis”. O procedimento de tratamento da imagem se pautou na composição das imagens e equalização dos quadrantes, sendo essa segunda etapa realizada a fim de minimizar as distorções de cores após a composição das bandas entre as cenas utilizadas.

Todas as imagens também foram processadas e tratadas utilizando o *software* ArcGis®. As ferramentas utilizadas para a composição das bandas foi: *Arctoll box> Data Management Tools>Raster>Raster Processing>Composite Bands*. Para a composição, utilizou-se as bandas 654.

A classificação do uso da terra ocorreu pelo método de classificação supervisionada, para a qual se utilizou a ferramenta *classification*. As cores das classes identificadas no mapeamento foram definidas utilizando o Manual de Uso da Terra do IBGE (2013) com a referência de informações RGB (Red, Green, Blue).

Em função da diferença de extensão territorial entre as bacias hidrográficas estudadas, a pesquisa priorizou a qualidade dos detalhes de cada uma delas resultando em diferentes escalas de representação, sendo a maior delas para a seção 6 com uma escala de 1:180.000 e a menor para a seção 7 com uma escala de 1:12.000, conforme podem ser observadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Relação de escala de representação numérica por seção de monitoramento limnológico.

Seção	Bacia Hidrográfica	Escala numérica
1	Rio Bonito	1:67:000
2	Rio da Estação	1:38.000
3	Ribeirão Cuiabá	1:85.000
4	Ribeirão Cuiabá	1:21.000
5	Ribeirão Vai-e-Vem	1:38.000
6	Rio Pirapozinho	1:180.000
7	Córrego da Areia Branca	1:12.000
8	Córrego da Areia Branca	1:53.000
9	Córrego da Cascata	1:16.000
10	Córrego do Burrinho	1:25.000

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Para encontrar os valores das áreas em quilômetros quadrados (km²) de cada classe dos diferentes usos e cobertura da terra e também os valores da área total das bacias hidrográficas, utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry>Statistics*.

3.3.4. Técnicas de estatística multivariada

A princípio optou-se pela realização de uma estatística descritiva básica do conjunto de dados encontrados com o intuito de se resumir o conjunto de dados e obter um panorama do comportamento referente às variáveis limnológicas e hidrológicas, identificando os valores da média, valor mínimo, valor máximo, coeficiente de variação e desvio padrão. Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e apresentados em forma de tabela para melhor visualização dos resultados.

Os resultados das variáveis limnológicas e hidrológicas foram tabulados e organizados em planilhas do *Minitab 15 Statistical Software* para aplicação das técnicas de estatística, com licença concedida pelo Laboratório de Estatística Aplicada (LEA) da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, Câmpus de Presidente Prudente. Todos os valores dos parâmetros analisados, exceto o pH, foram log transformados (base) para reduzir o efeito dos valores elevados, por meio da linearização dos dados.

Ao banco de dados foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP) (GAUCH, 1994) utilizando o *Minitab 15 Statistical Software*. A análise foi aplicada para a verificação do comportamento temporal entre os diferentes meses de coleta dos dados e foram retidas para essa análise as variáveis: pH, oxigênio dissolvido (OD - mg/L), temperatura da água (Temp - °C), condutividade elétrica (CE - µS/cm), turbidez (Turb-NTU), vazão (Q - m³/s), material em suspensão total (MST - mg/L), matéria orgânica (MO - mg/L), matéria inorgânica (MI - mg/L), íon-amônio (NH₄⁺ - µg/L) e fósforo total (PT - µg/L), juntamente com os dados de precipitação (mm/mês) dos trinta dias acumulados que antecederam as datas de coleta das amostras.

Com relação ao padrão de correlação, sugere-se que se selecionem as variáveis que se enquadrem em uma matriz de correlação estando com o valor mínimo a partir de 0,50 (HAIR et al., 2006; FILHO; SILVA-JÚNIOR, 2010). Helena et al. (2000), ressaltam que coeficientes de correlação que apresentem valores superiores a 0,5 manifestam uma compatibilidade muito grande entre as variáveis de qualidade da água. Nesse sentido, adotou-se o valor de 0,60, como limite aceitável da contribuição da variável na criação do fator. Partindo desse pressuposto, para avaliar os eixos a serem retidos para interpretação foi utilizado o critério da variância acumulada para determinar a quantidade de fatores que devem ser extraídos,

utilizando o modelo *broken-stick* (JACKSON, 1993). Neste contexto, o patamar de 60% de variância acumulada foi utilizado conforme sugerido por Hair et al. (2006).

A ACP pode ser considerada como um método eficaz e resistente que permite trabalhar com um banco de dados complexo e ainda assim apresentar bons resultados (WANG; DU 2000). Bernardi et al. (2009) relatam que um dos benefícios em se utilizar a ACP para modelar os dados é que esse método permite visualizar de uma maneira mais fácil os componentes principais em mais de duas dimensões. Os mesmos autores elencam que:

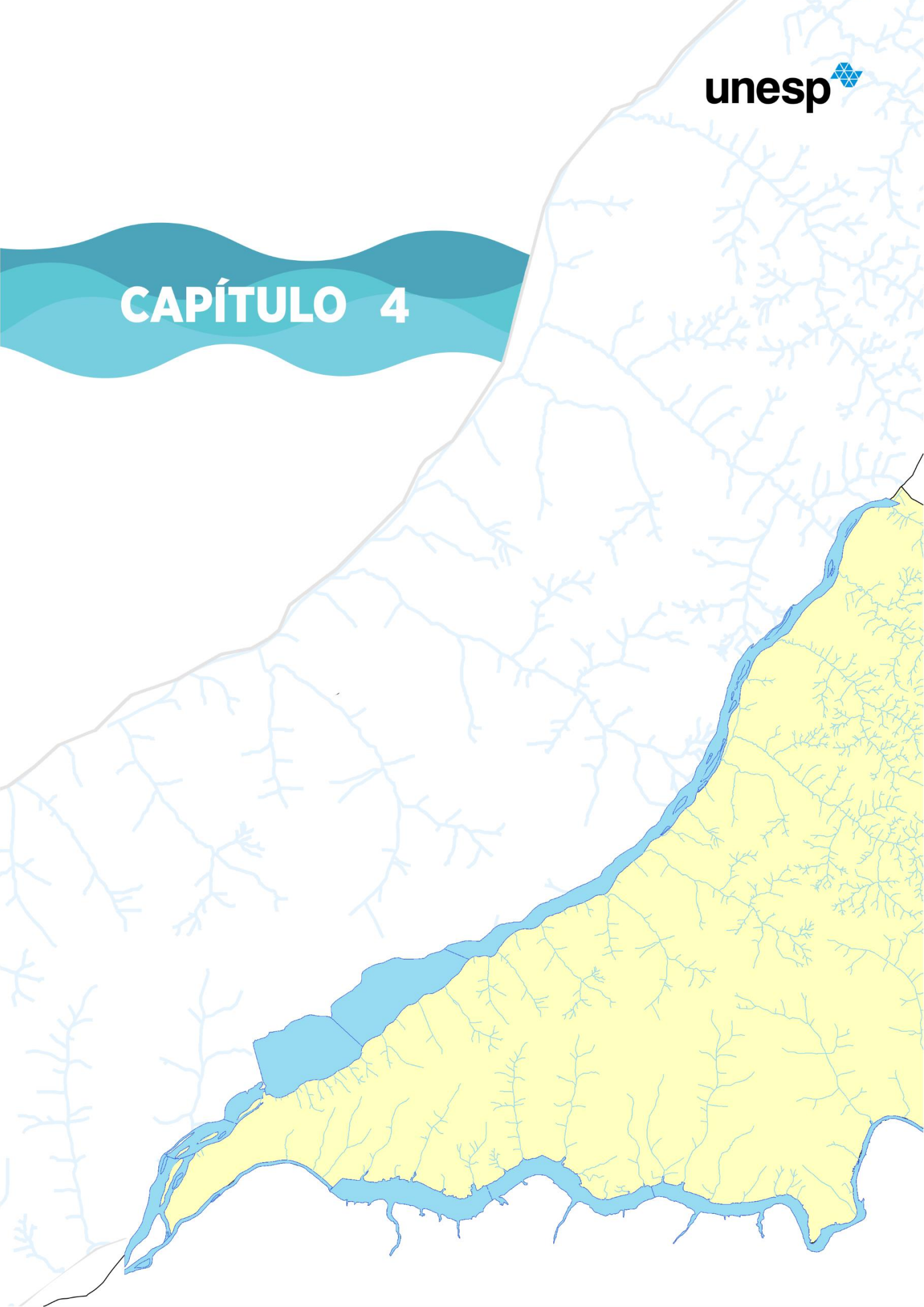
A análise das componentes principais (ACP) é um método da estatística multivariada que permite interpretar a estrutura de um conjunto de dados multivariados a partir das respectivas matrizes de variâncias-covariâncias ou de correlações entre os parâmetros considerados (BERNARDI et al., p. 81, 2009).

Posteriormente à aplicação da ACP, aplicou-se a técnica de classificação hierárquica, a Análise de Cluster (AC), que consiste em um método estatístico multivariado e foi aplicado com o intuito de se obter o agrupamento mediante as similaridades dos dados em uma escala espacial. Para os parâmetros físicos e químicos da água: oxigênio dissolvido (OD - mg/L), temperatura da água (Temp - °C), condutividade elétrica (CE - $\mu\text{S}/\text{cm}$), turbidez (Turb-NTU), vazão (Q - m^3/s), material em suspensão total (MST - mg/L), matéria orgânica (MO - mg/L), matéria inorgânica (MI - mg/L), íon-amônio (NH_4^+ - $\mu\text{g}/\text{L}$) e fósforo total (PT - $\mu\text{g}/\text{L}$), para a variável precipitação (mm/mês) e as classes de uso e cobertura da terra (km^2) das bacias hidrográficas (florestal, pastagem, cultura temporária, solo exposto e área urbana).

Antes de tudo, todos os dados foram organizados e tratados para ser aplicado a AC, passando pelo processo de linearização dos dados, com o objetivo de reduzir valores discrepantes que pudessem comprometer a análise. Nesse sentido, todo o conjunto de informações foram log transformados (base 10) com exceção do pH que já é log de H^+ .

Este procedimento foi realizado utilizando-se o *Minitab 16 Statistical Software* a fim de se analisar os agrupamentos formados mediante os níveis de similaridade dos dados, ou seja, detectar possíveis relações entre as variáveis limnológicas e hidrológicas, a precipitação e as classes de uso e cobertura da terra.

CAPÍTULO 4



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse tópico, estão apresentados os resultados dos dados obtidos em campo, gabinete e laboratório, com base na análise dos mapas de uso e cobertura da terra que foram elaborados para cada bacia hidrográfica das dez seções de monitoramento. Da mesma forma, estão demonstradas tabelas que contém os valores da área total da bacia hidrográfica e da área de cada classe de uso e cobertura, em quilômetros quadrados e em porcentagem.

Ademais, são demonstrados o resultado da estatística descritiva das variáveis limnológicas e hidrológicas analisadas nas dez seções amostradas das bacias hidrográficas inseridas na UGRHI-22 e, ainda, o comportamento das chuvas nas bacias hidrográficas a partir da análise dos dados pluviométricos obtidos para o período amostral.

Apresenta-se também o resultado obtido a partir da Análise de Componente Principal (ACP) em uma escala temporal e o Dendograma resultado da Análise de Cluster (AC) com a análise de similaridade entre os parâmetros limnológicos, classes de uso e cobertura da terra e a precipitação.

4.1. Uso e cobertura da terra

4.1.1. Bacia hidrográfica do Rio Bonito

A partir da elaboração do mapeamento de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Bonito, onde a seção 1 localiza-se, foi possível observar o comportamento das classes de uso e cobertura da terra encontrados em porcentagem, bem como, a área equivalente a cada uma delas, ver Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Bonito.

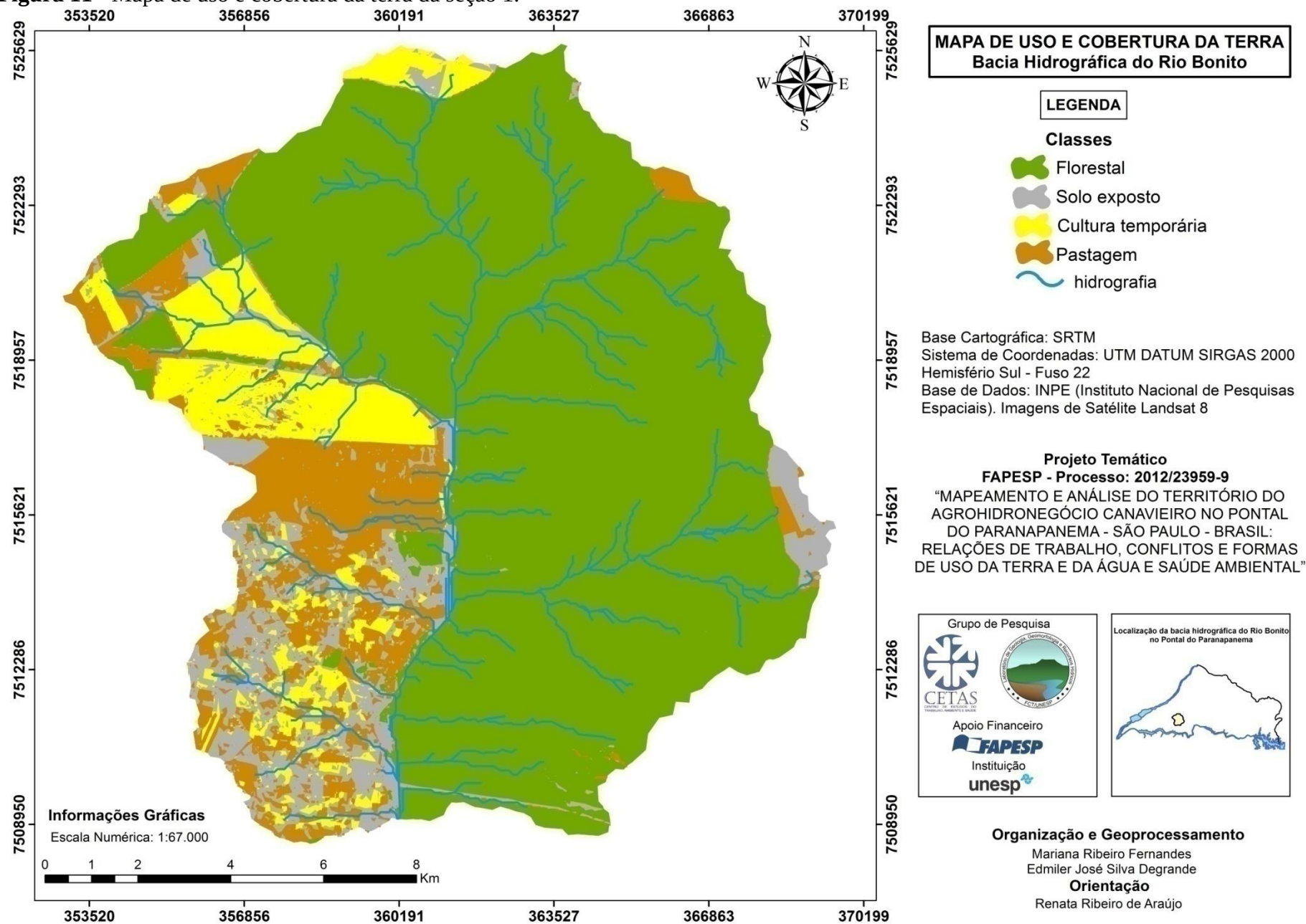
<i>Classes de uso e cobertura</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Percentual (%)</i>
<i>Cultura temporária</i>	17,40	9,39
<i>Cobertura florestal</i>	125,16	67,53
<i>Pastagem</i>	23,40	12,63
<i>Solo exposto</i>	19,39	10,46
<i>Total</i>	185,35	100%

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

A cobertura florestal foi a classe predominante nessa bacia hidrográfica, correspondendo a 67,53% de toda a sua extensão. Esse valor expressivo da cobertura florestal é justificado pelo fato dessa bacia hidrográfica estar inserida em uma região pertencente ao Parque Estadual Morro do Diabo (PEMD), que de acordo com Torres e Silva-Junior (2010), essa área preserva um grande remanescente da Mata Atlântica e conserva diversas espécies da fauna e da flora. O Plano de Manejo do Parque Estadual do Morro do Diabo elenca essa informação quando relata que “sendo o principal remanescente florestal e, até recentemente, a única unidade de conservação da região do Pontal do Paranapanema, o PEMD coloca-se como um elemento-chave na conservação da biodiversidade da Mata Atlântica” (SÃO PAULO, 2006, p. 118).

A classe pastagem correspondeu a 12,63%, seguida do solo exposto com 10,46% e a cultura temporária (cana-de-açúcar) 9,39%. Com estes resultados, observou-se que embora as atividades agrícolas sejam encontradas nessa bacia hidrográfica, as áreas florestais ocupam o maior percentual de cobertura e pode ser observada na Figura 11.

Figura 11 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 1.



Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R.; DEGRANDE, E. J. S. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

4.1.2. Bacia hidrográfica do Rio da Estação

A Tabela 3 apresenta os resultados das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio da Estação, onde a seção 2 se localiza.

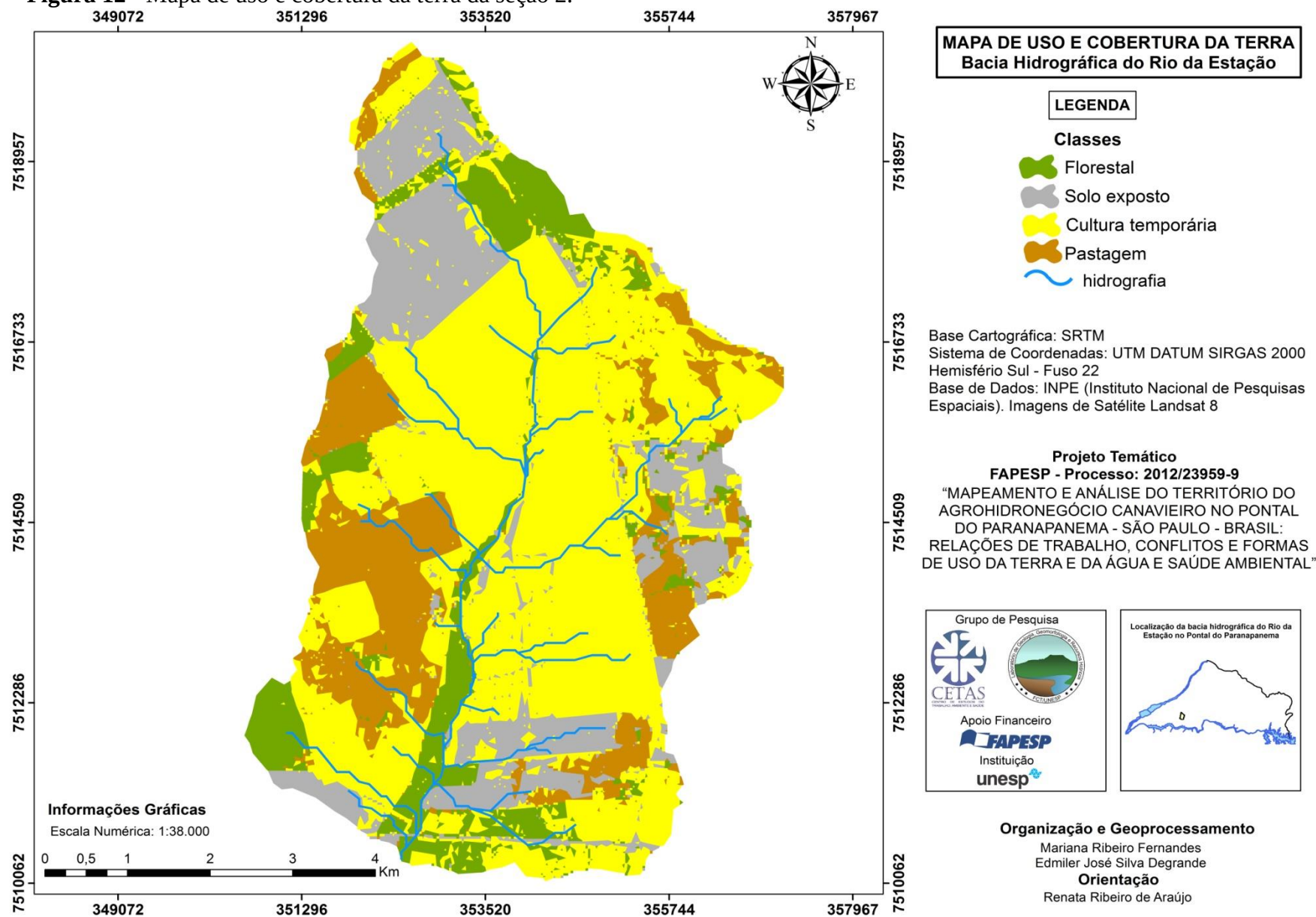
Tabela 3 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio da Estação.

<i>Classes de uso e cobertura</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Percentual (%)</i>
<i>Cultura temporária</i>	22,14	54,16
<i>Cobertura florestal</i>	4,89	11,96
<i>Pastagem</i>	6,80	16,63
<i>Solo exposto</i>	7,05	17,25
<i>Total</i>	40,88	100%

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Observou-se na Tabela 3, que nessa bacia hidrográfica a classe predominante se refere à cultura temporária representada pela cana-de-açúcar, com 54,16% da área total, seguido do solo exposto com 17,25%, da pastagem com 16,63% e da cobertura florestal com 11,96%. Diante disso, foi possível verificar que o monocultivo canavieiro está entre a atividade de maior predominância na bacia hidrográfica. Em contrapartida, observa-se baixos índices de cobertura florestal, mostrando que a cana-de-açúcar vem ocupando áreas de drenagem dessa bacia hidrográfica, conforme pode ser observado na Figura 12.

Figura 12 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 2.



Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R.; DEGRANDE, E. J. S. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

4.1.3. Bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá

Na bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá, onde se localiza a seção 3, as classes de uso e cobertura da terra que foram identificadas correspondem à área urbana, a cultura temporária, a cobertura florestal, a pastagem e do solo exposto. Os resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá.

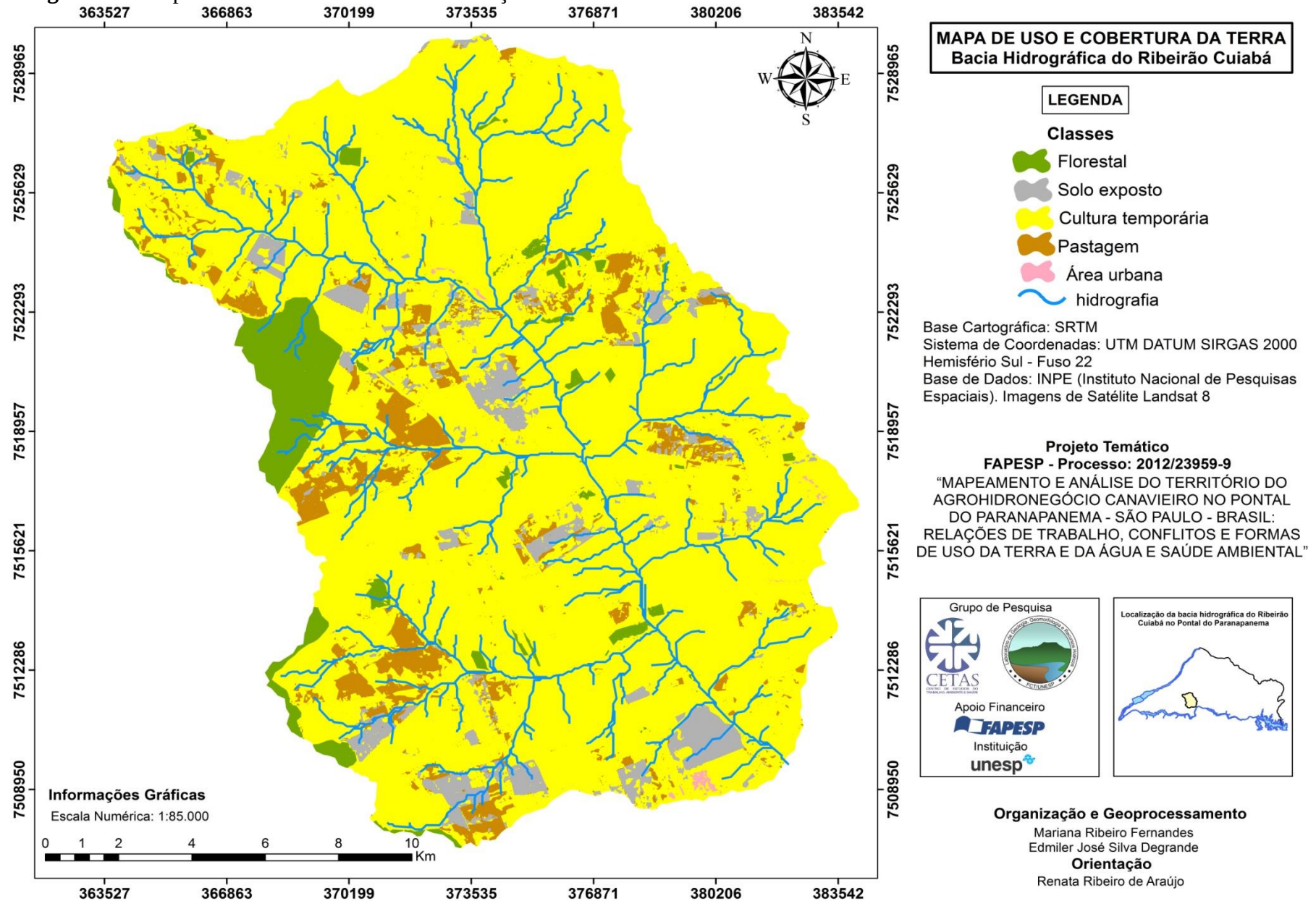
<i>Classes de uso e cobertura</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Percentual (%)</i>
<i>Cultura temporária</i>	229,92	80,81
<i>Cobertura florestal</i>	14,24	5,01
<i>Pastagem</i>	22,15	7,79
<i>Solo exposto</i>	17,67	6,21
<i>Área urbana</i>	0,53	0,18
<i>Total</i>	284,51	100%

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

De acordo com Tabela 4, foram encontrados valores expressivos de cultura temporária na bacia hidrográfica, representando 80,81% da área total. Com exceção da área urbana que contempla um percentual de 0,18%, a cobertura florestal está entre os menores valores percentuais encontrado, com apenas 5,01%, indicando que existem poucos fragmentos de vegetação e que a cana-de-açúcar atua fortemente nessa bacia hidrográfica.

A pastagem e o solo exposto representam pequenas parcelas de uso com 7,79% e 6,21%, respectivamente. Por meio da Figura 13 é possível observar o mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá.

Figura 13 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 3.



Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R.; DEGRANDE, E. J. S. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

4.1.4. Bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá

Na Tabela 5 apresenta-se as classes de uso e cobertura da terra encontrados para a bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá, onde se encontra a seção 4.

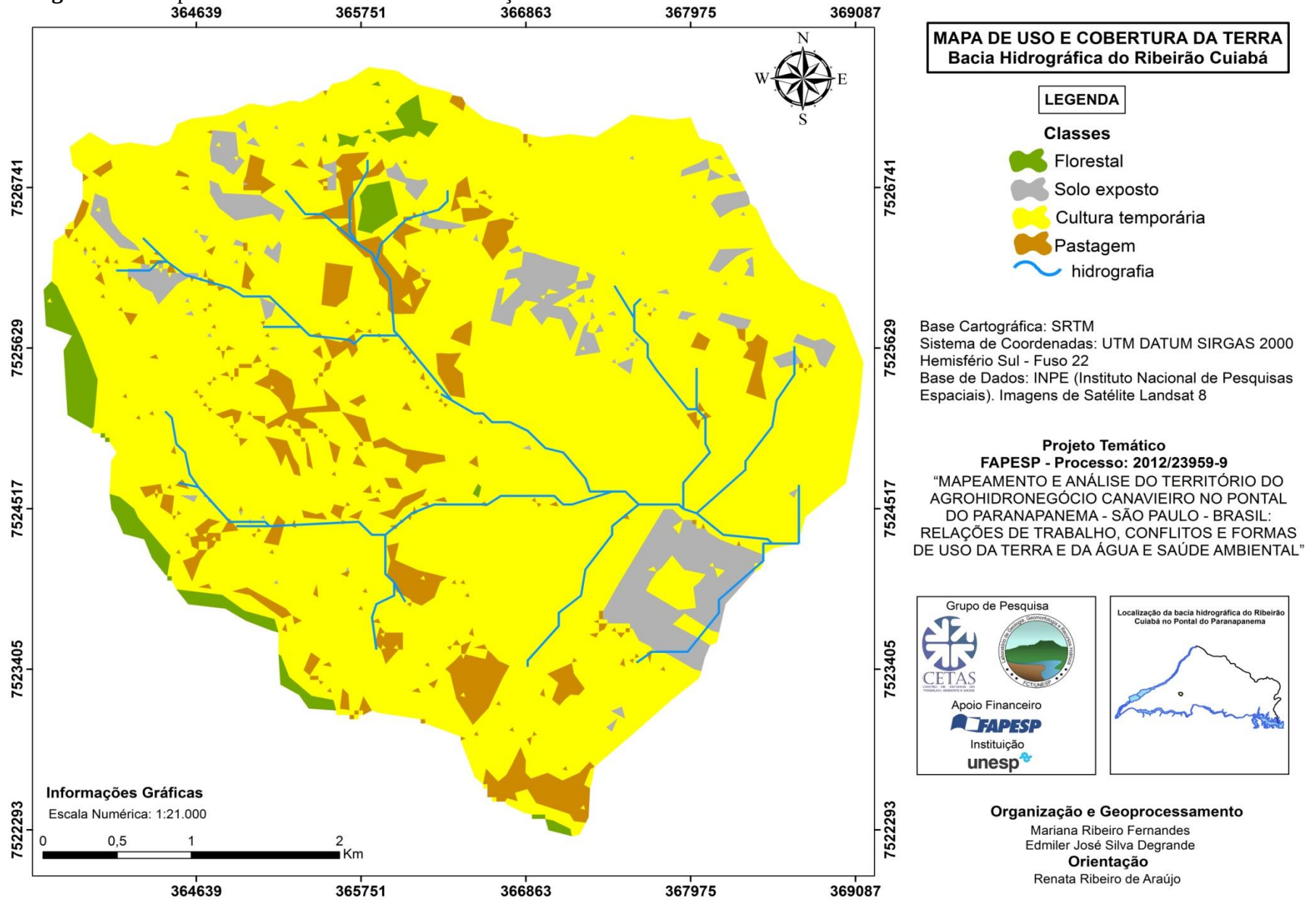
Tabela 5 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá.

<i>Classes de uso e cobertura</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Percentual (%)</i>
<i>Cultura temporária</i>	15,88	83,01
<i>Cobertura florestal</i>	0,47	2,46
<i>Pastagem</i>	1,53	8,00
<i>Solo exposto</i>	1,25	6,53
<i>Total</i>	19,13	100%

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Identifica-se um percentual elevado da cana-de-açúcar que se apresentou com um valor de 83,01%, seguido da pastagem com 8%, do solo exposto com 6,53% e da cobertura florestal com 2,46%. O monocultivo canavieiro se apresentou como a classe predominante na extensão da bacia hidrográfica, ocorrendo em áreas de drenagem de muitos canais fluviais, conforme pode ser conferido na Figura14.

Figura 14 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 4.



Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R.; DEGRANDE, E. J. S. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

4.1.5. Bacia hidrográfica do Ribeirão Vai-e-Vem

A seção 5 pertence à bacia hidrográfica do Ribeirão Vai-e-Vem, e nessa bacia hidrográfica foram identificadas cinco classes de uso e cobertura da terra que podem ser conferidas na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Vai-e-Vem.

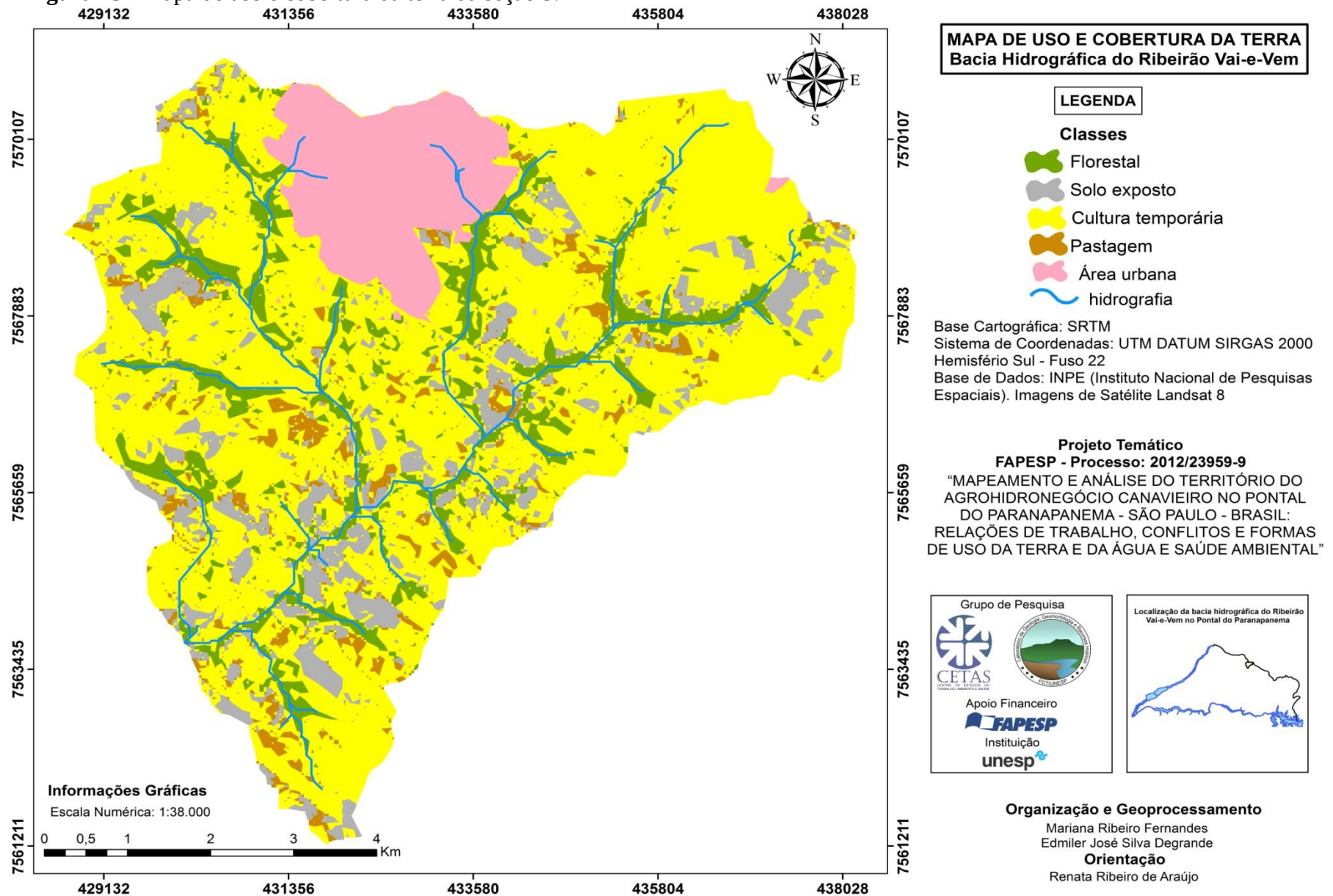
<i>Classes de uso e cobertura</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Percentual (%)</i>
<i>Cultura temporária</i>	31,28	61,36
<i>Cobertura florestal</i>	6,06	11,89
<i>Pastagem</i>	2,55	5,01
<i>Solo exposto</i>	5,67	11,12
<i>Área urbana</i>	5,41	10,62
Total	50,97	100%

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

A Tabela 6 demonstra que a cultura temporária é a classe de uso que predomina na bacia hidrográfica, com uma parcela de 61,36% da área total e, na sequencia pode-se averiguar um percentual de 11,89% de cobertura florestal, que embora, tenha sido a segunda classe na ordem hierárquica dos valores, essa não apresenta grandes proporções de fragmentos florestais, ficando restritos a Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal.

Ainda analisando as classes encontradas, o solo exposto aparece com 11,12%, seguido da área urbana com 10,62%, sendo está ultima pertencente ao município de Santo Anastácio. Também foi identificado um percentual de 5,01% da área dessa bacia hidrográfica representada pela pastagem. A Figura 15 apresenta o mapa de uso e cobertura da bacia hidrográfica do Ribeirão Vai-e-Vem e, por meio dela é possível constatar as informações mencionadas anteriormente.

Figura 15 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 5.



Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R.; DEGRANDE, E. J. S. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

4.1.6. Bacia hidrográfica do Rio Pirapozinho

A Tabela 7 apresenta os valores de classes de uso e cobertura da terra encontrada para a bacia hidrográfica do Rio Pirapozinho, onde se encontra a seção 6, em área e em porcentagem de cada classe, podendo-se averiguar aquelas de maior predominância na área analisada.

Tabela 7 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Pirapozinho.

<i>Classes de uso e cobertura</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Percentual (%)</i>
<i>Cultura temporária</i>	200,06	21,23
<i>Cobertura florestal</i>	89,76	9,52
<i>Pastagem</i>	208,97	22,17
<i>Solo exposto</i>	442,26	46,92
<i>Área urbana</i>	1,48	0,16
Total	942,53	100%

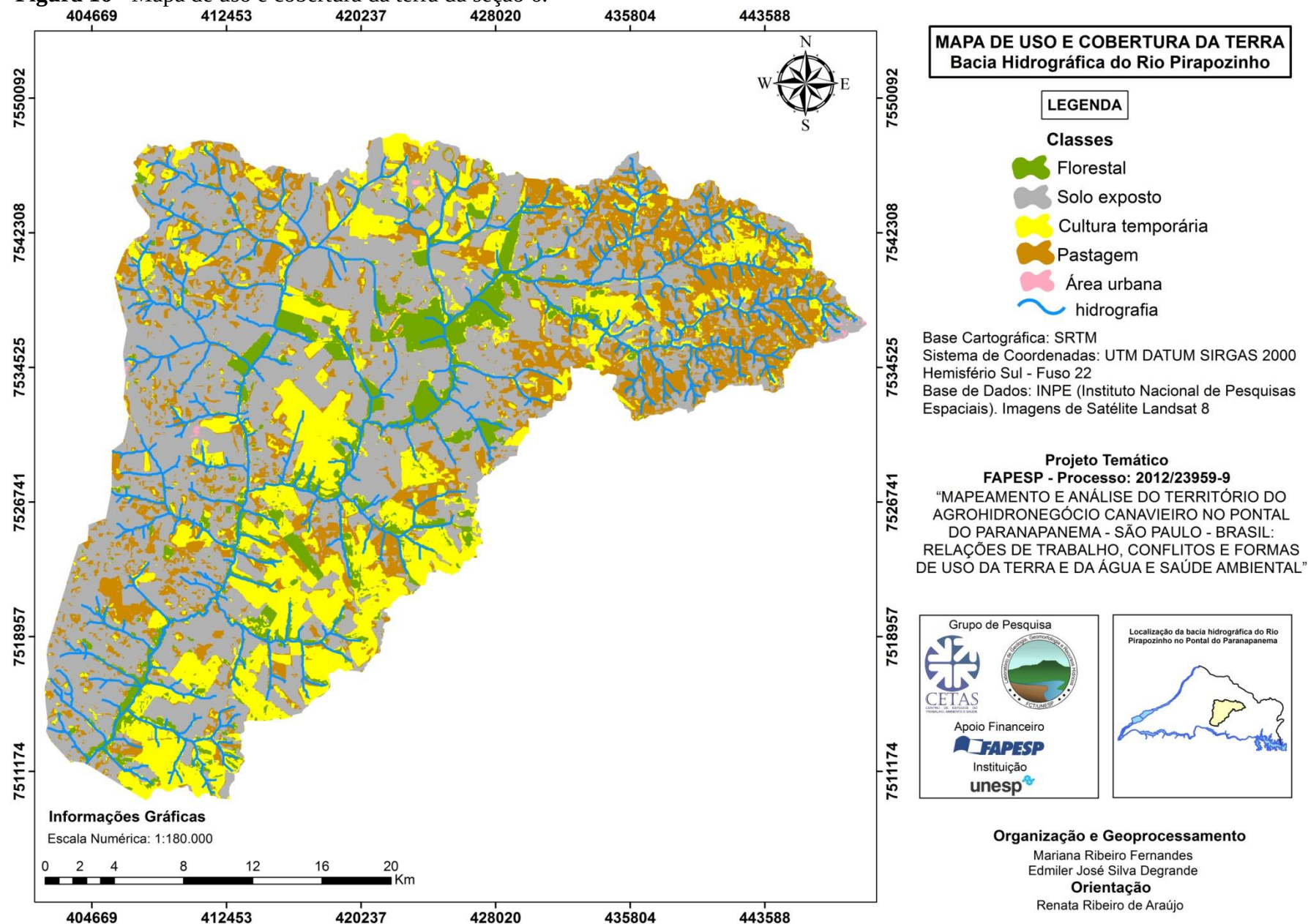
Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 7 são possíveis analisar que nessa bacia hidrográfica, o solo exposto foi a classe que se destacou, ocupando quase a metade da área da bacia hidrográfica, representando 46,92% da área total. Em seguida, constata-se a pastagem como a segunda classe de maior predominância, com 22,17%, seguida das culturas de cana-de-açúcar com 21,23% e 9,52% de cobertura florestal. A bacia hidrográfica contempla ainda um pequeno percentual de 0,16% de área urbana.

A Figura 16 apresenta o mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Pirapozinho e por meio dela, pode-se observar espacialização das classes mapeadas e a predominância da classe solo exposto.

É válido ressaltar, que o solo exposto pode se enquadrar tanto como as áreas degradadas como aquelas áreas em pousio de áreas agricultáveis, especialmente de cana-de-açúcar que é a cultura temporária predominante na UGRHI-22.

Figura 16 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 6.



Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R.; DEGRANDE, E. J. S. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

4.1.7. Bacia hidrográfica do Córrego da Areia Branca

A seção 7 localiza-se na bacia hidrográfica do Córrego da Areia Branca e a partir da elaboração do mapa de uso e cobertura da terra foi possível obter as classes de uso e cobertura da terra com seus respectivos valores, que podem ser analisados na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Areia Branca.

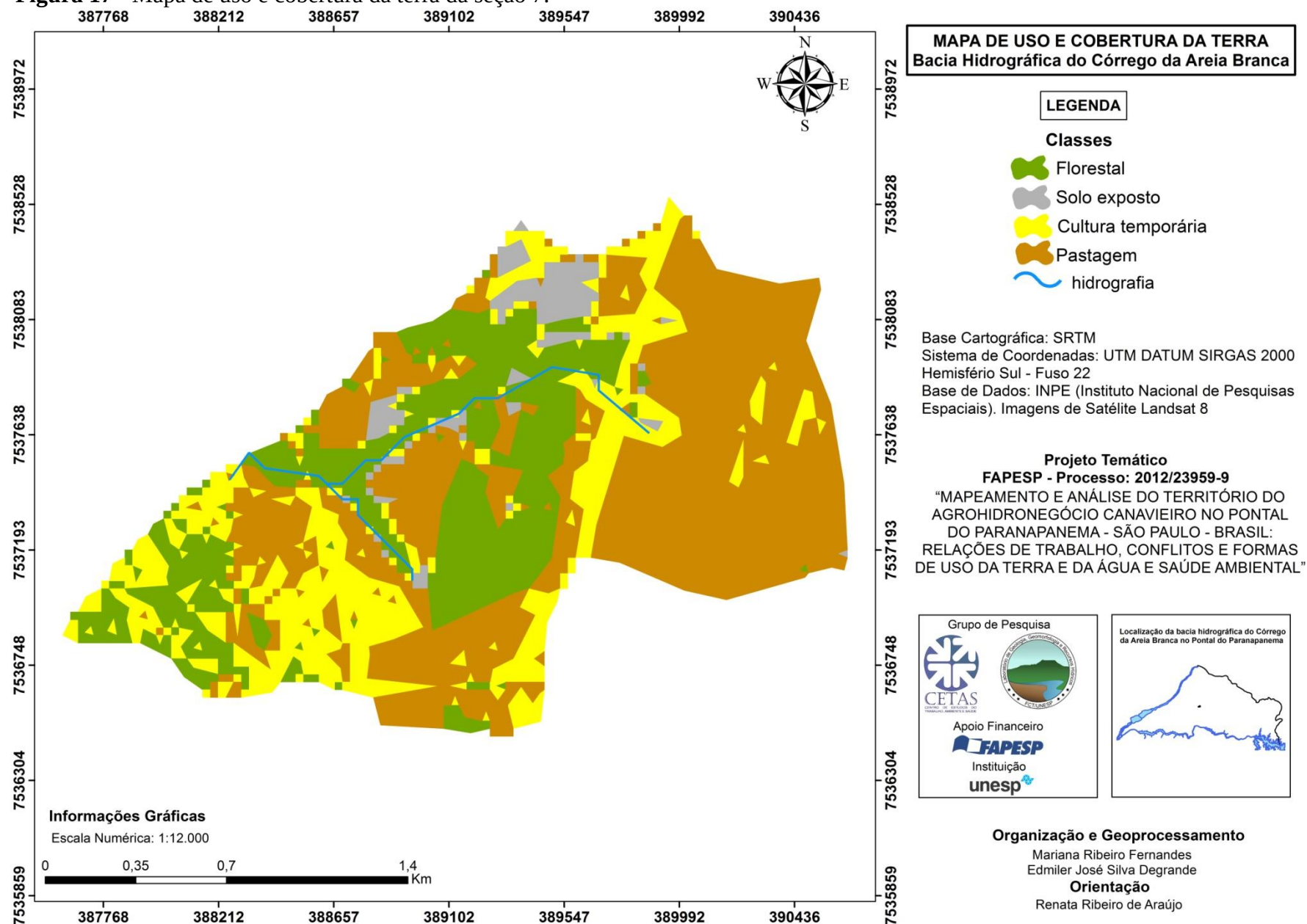
<i>Classes de uso e cobertura</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Percentual (%)</i>
<i>Cultura temporária</i>	0,77	22,84
<i>Cobertura florestal</i>	0,82	24,05
<i>Pastagem</i>	1,67	49,00
<i>Solo exposto</i>	0,14	4,11
<i>Total</i>	3,40	100%

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Nessa bacia hidrográfica, observa-se a predominância da pastagem (Tabela 8) em quase a metade da área da bacia hidrográfica, atingindo um valor de 49%. A cultura temporária por sua vez, ficou em segundo lugar com 22,84% do uso, seguido da cobertura florestal com 24,05%.

Nesse sentido, observa-se que essa bacia hidrográfica está majoritariamente composta por atividades de origens agrícolas, com algumas regiões com cobertura florestal no entorno dos canais fluviais e ainda, pequenas porções de solo exposto, representando 4,11% da área total. A Figura 17 representa essa constatação.

Figura 17 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 7.



Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R.; DEGRANDE, E. J. S. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

4.1.8. Bacia hidrográfica do Córrego da Areia Branca

A seção 8 também está inserida na bacia hidrográfica do Córrego da Areia Branca e as classes de uso e cobertura da terra encontradas nessa área estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Areia Branca.

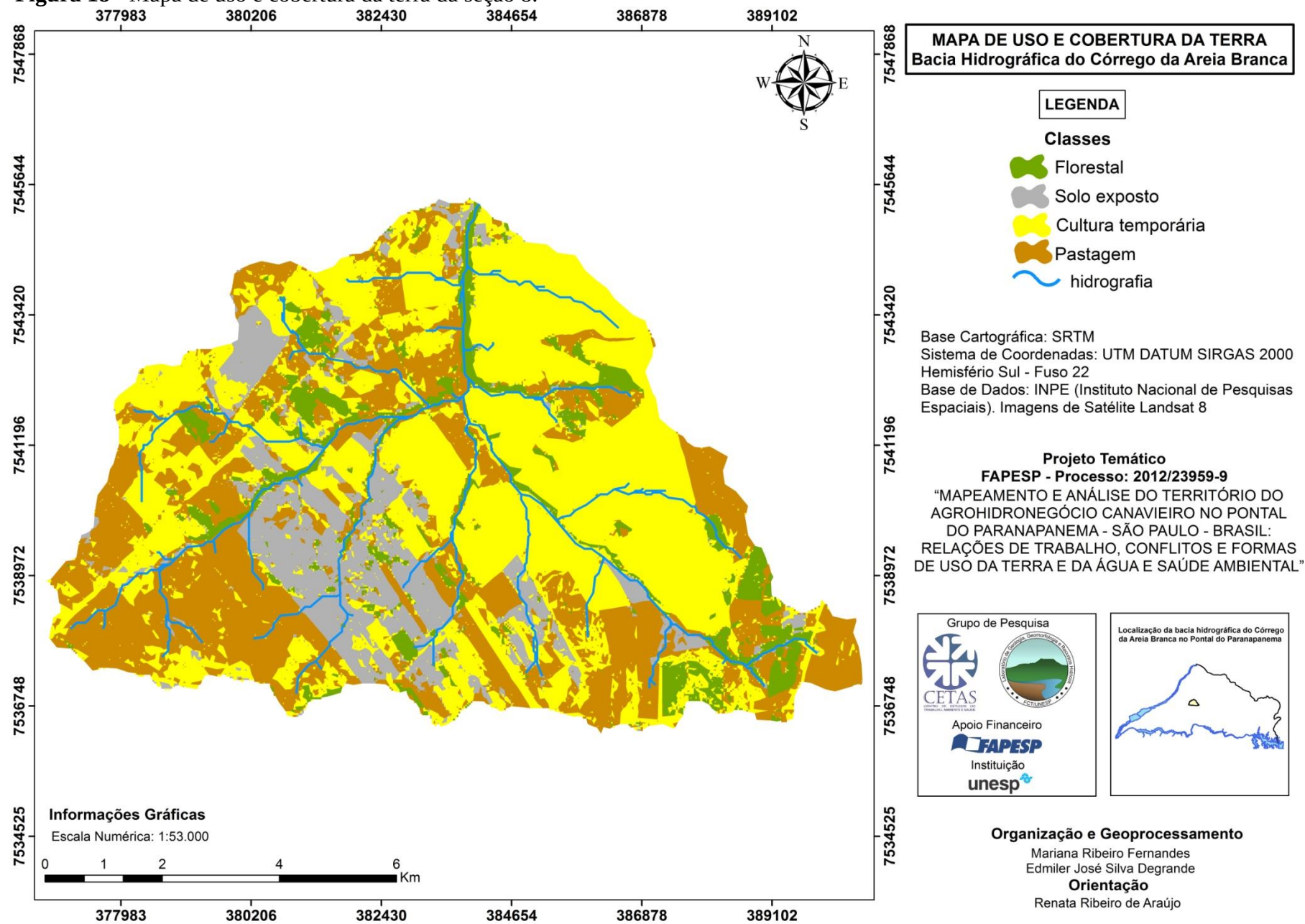
<i>Classes de uso e cobertura</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Percentual (%)</i>
<i>Cultura temporária</i>	36,86	46,48
<i>Cobertura florestal</i>	6,87	8,66
<i>Pastagem</i>	25,50	32,15
<i>Solo exposto</i>	10,08	12,71
<i>Total</i>	79,31	100%

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Conforme observado na Tabela 9, quase a metade da área dessa bacia hidrográfica é composta pela cultura temporária de cana-de-açúcar, com 46,48% da sua área e tendo em seguida a pastagem com 32,15%. Por meio desses valores, infere-se que essa bacia hidrográfica possui forte tendência à agricultura, com pouca cobertura florestal, já que essa classe representa apenas 8,66% da área.

Com relação ao solo exposto, este representa 12,71% do uso na bacia hidrográfica e pode estar associado ao manejo inadequado do solo nas práticas agrícolas e também aos momentos em que o solo encontra-se em épocas de pousio para as áreas agricultáveis da cana-de-açúcar, podendo atestar essas informações na Figura 18.

Figura 18 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 8.



Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R.; DEGRANDE, E. J. S. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

4.1.9. Bacia hidrográfica do Córrego da Cascata

A seção 9 pertence à bacia hidrográfica do Córrego da Cascata e as classes de uso e cobertura da terra encontradas nessa bacia hidrográfica podem ser conferidas na Tabela 10.

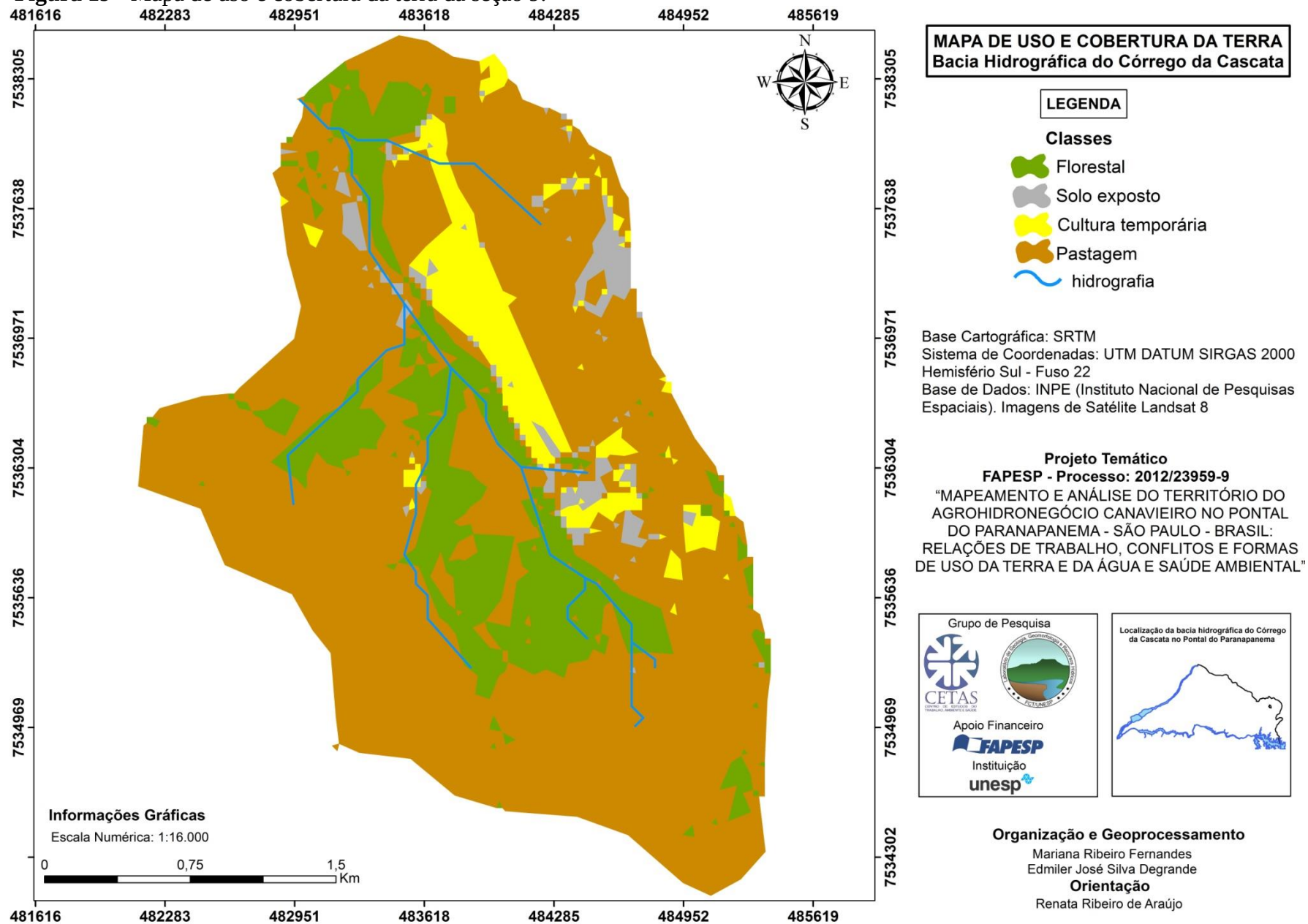
Tabela 10 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Cascata.

<i>Classes de uso e cobertura</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Percentual (%)</i>
<i>Cultura temporária</i>	0,57	6,85
<i>Cobertura florestal</i>	1,44	17,31
<i>Pastagem</i>	6,04	72,60
<i>Solo exposto</i>	0,27	3,24
<i>Total</i>	8,32	100%

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

A Tabela 10 demonstra que essa bacia hidrográfica é composta quase em sua totalidade pela pastagem, representada por 72,60%, ou seja, mais da metade da área representada por esse tipo de cobertura, constando menos de 10% de cultura temporária, sendo expressa em 6,85% do valor. Nesse caso, observa-se que a cana-de-açúcar não foi a classe de uso que prevaleceu na bacia hidrográfica.

A cobertura florestal representa 17,31% da área da bacia hidrográfica, contendo ainda, algumas regiões com o solo exposto que compõe 3,24% da área. A Figura 19 apresenta a predominância da pastagem e as demais informações de uso e cobertura da terra.

Figura 19 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 9.

Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R.; DEGRANDE, E. J. S. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

4.1.10. Bacia hidrográfica do Córrego do Burrinho

A bacia hidrográfica do Córrego do Burrinho contempla a seção 10 de monitoramento e as classes de uso e cobertura encontradas mediante a elaboração do mapa podem ser constatadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultados dos valores em área e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Córrego do Burrinho.

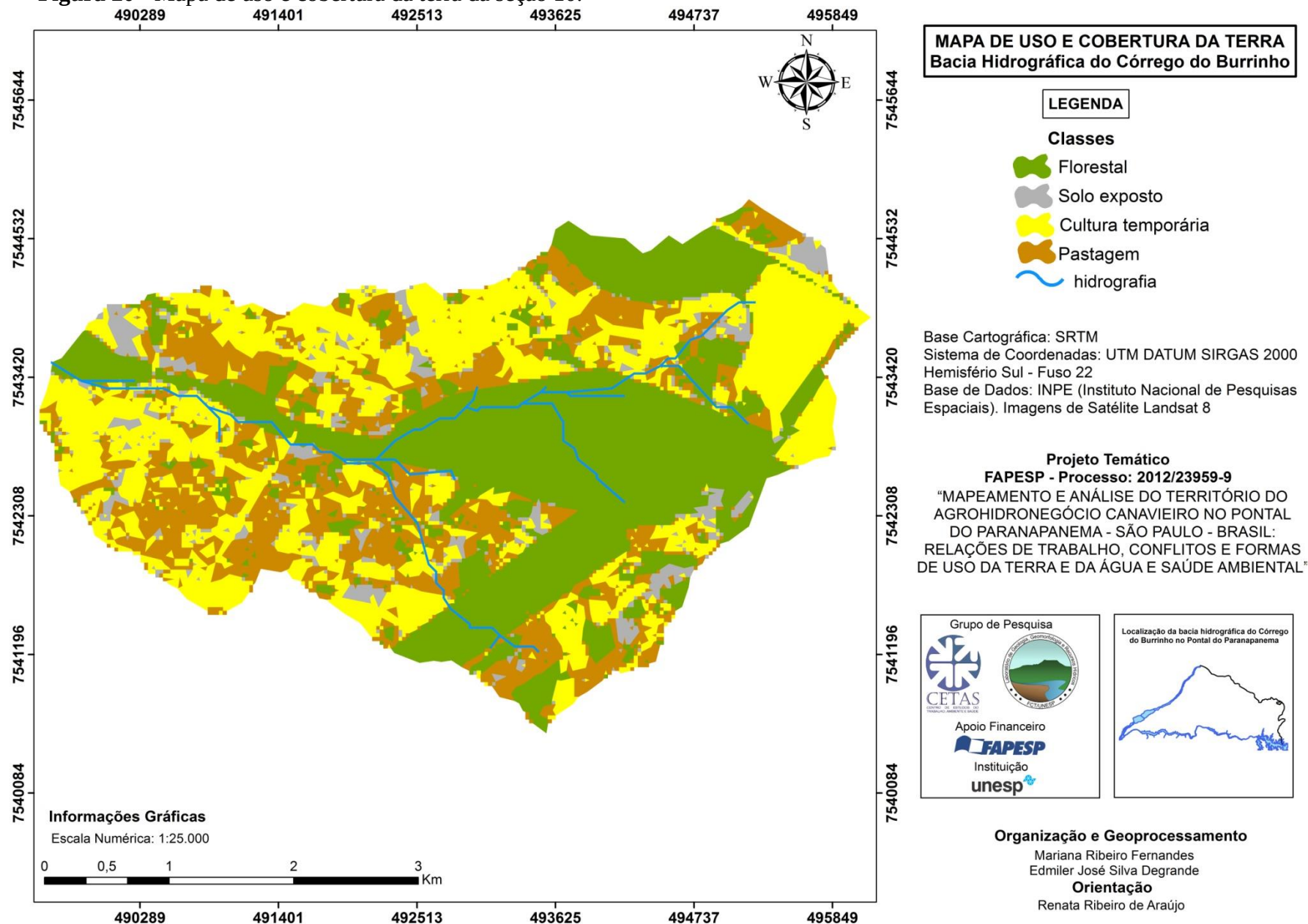
<i>Classes de uso e cobertura</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Percentual (%)</i>
<i>Cultura temporária</i>	5,4	32,43
<i>Cobertura florestal</i>	6,17	37,06
<i>Pastagem</i>	4,03	24,20
<i>Solo exposto</i>	1,05	6,31
<i>Total</i>	16,65	100%

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Por meio da Tabela 11 é possível observar que a bacia hidrográfica do Córrego do Burrinho tem um elevado percentual de cobertura florestal, correspondendo a 37,06% da área, valor que possui pouca diferença daquele encontrado pela cultura temporária que é de 32,43%.

A pastagem possui uma parcela significativa, com um valor de 24,20% seguida de 6,31% de solo exposto. A Figura 20 apresenta o mapa de uso e cobertura da terra para a bacia hidrográfica do Córrego do Burrinho com as suas respectivas classes.

Figura 20 - Mapa de uso e cobertura da terra da seção 10.



Organização e Geoprocessamento: FERNANDES, M. R.; DEGRANDE, E. J. S. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

4.2. Variáveis limnológicas e hidrológicas

A Tabela 12 apresenta os valores médios, mínimos e máximos, bem como, o desvio padrão e o coeficiente de variação (%) dos dados. As variáveis físico-químicas e hidrológicas utilizadas são: temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), turbidez (Turb), oxigênio dissolvido (OD), material em suspensão total (MST), matéria inorgânica (MI), matéria orgânica (MO), íon-amônio (N-NH_4^+), fósforo total (PT) e vazão (Q).

Tabela 12 - Estatística descritiva das variáveis limnológicas e hidrológicas analisadas nos 10 ambientes amostrados das bacias hidrográficas inseridas na UGRHI-22.

Variáveis	N	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
pH	20	6,5	5,66	7,2	0,36	5,6
OD (mg/L)	20	5,5	3,48	7,39	1,39	25,1
T (°C)	20	25,9	22,3	28,9	1,64	6,3
CE ($\mu\text{S/cm}$)	20	48,5	10,8	338,9	74,61	153,6
Turb (NTU)	20	30,2	8,71	158	32,54	107,6
MST (mg/L)	20	13,1	2,56	58,3	14,06	107,6
MI (mg/L)	20	4,2	0,85	4,15	4,15	97,3
MO (mg/L)	20	8,8	0,91	47	10,49	119,2
N-NH_4^+ ($\mu\text{g/L}$)	20	153,7	0	1.361,32	340,40	221,5
PT ($\mu\text{g/L}$)	20	45,7	0	271,42	72,95	159,6
Q (m^3/S)	20	2,61	0,07	12,98	3,75	143,8

N* (número de amostras)

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Analisando os valores mínimos e máximos, pode-se constatar que alguns parâmetros obtiveram uma variação de seus valores. Nesse sentido, as variáveis limnológicas que obtiveram maiores oscilações foram a condutividade elétrica (CE), variando entre 10,8 $\mu\text{S/cm}$ a 338,9 $\mu\text{S/cm}$, a turbidez (Turb) com variação de 8,71 NTU a 158 NTU, o material em suspensão total (MST) que foi de 2,56 mg/L a 58,3 mg/L, a matéria inorgânica (MI), oscilando entre 0,85 mg/L e 4,15 mg/L e a matéria orgânica (MO) 0,91 mg/L a 47 mg/L.

Ainda com relação às variáveis que mais oscilaram, as frações de nutrientes como o íon-amônio (N-NH_4^+) variou de 0 $\mu\text{g/L}$ a 1.361,32 $\mu\text{g/L}$ e o fósforo total (PT) apresentou valores entre 0 $\mu\text{g/L}$ a 271,42 $\mu\text{g/L}$, mostrando um intervalo significativo entre os valores mínimos e máximos.

Em contrapartida, algumas variáveis não obtiveram um intervalo significativo, embora seja notável a diferença entre os valores mínimos e máximos, que é o caso da temperatura da água (T) com 22,3 °C a 28,9 °C, do pH com 5,66 a 7,2, do oxigênio dissolvido (OD) 3,48 mg/L a 7,39 mg/L e da vazão (Q), que variou entre 0,07 m^3/s a 12,98 m^3/s .

Em relação aos dados brutos limnológicos e hidrológicos, estes se encontram em Apêndice.

4.2.1. Dados pluviométricos

Na Tabela 13 é possível observar o comportamento médio das chuvas nas bacias hidrográficas, demonstrando que a região analisada possui um período de chuvas mais intenso no verão e mais ameno no inverno. Esse resultado corrobora com as informações trazidas por Boin (2000) que caracteriza a região do oeste paulista com um clima particularmente tropical e, de acordo com Monteiro (1973), é marcada pela presença de um verão chuvoso e um inverno seco. O pesquisador Ferrari Leite (1998), complementa essa informação quando relata que o Pontal do Paranapanema possui um verão úmido e inverno seco, dividindo o clima em praticamente dois períodos.

Os meses que apresentaram maiores índices pluviométricos foram janeiro, fevereiro, março, agosto, setembro, outubro e novembro, ao passo que os meses menos chuvosos foram abril, maio, junho, julho e dezembro.

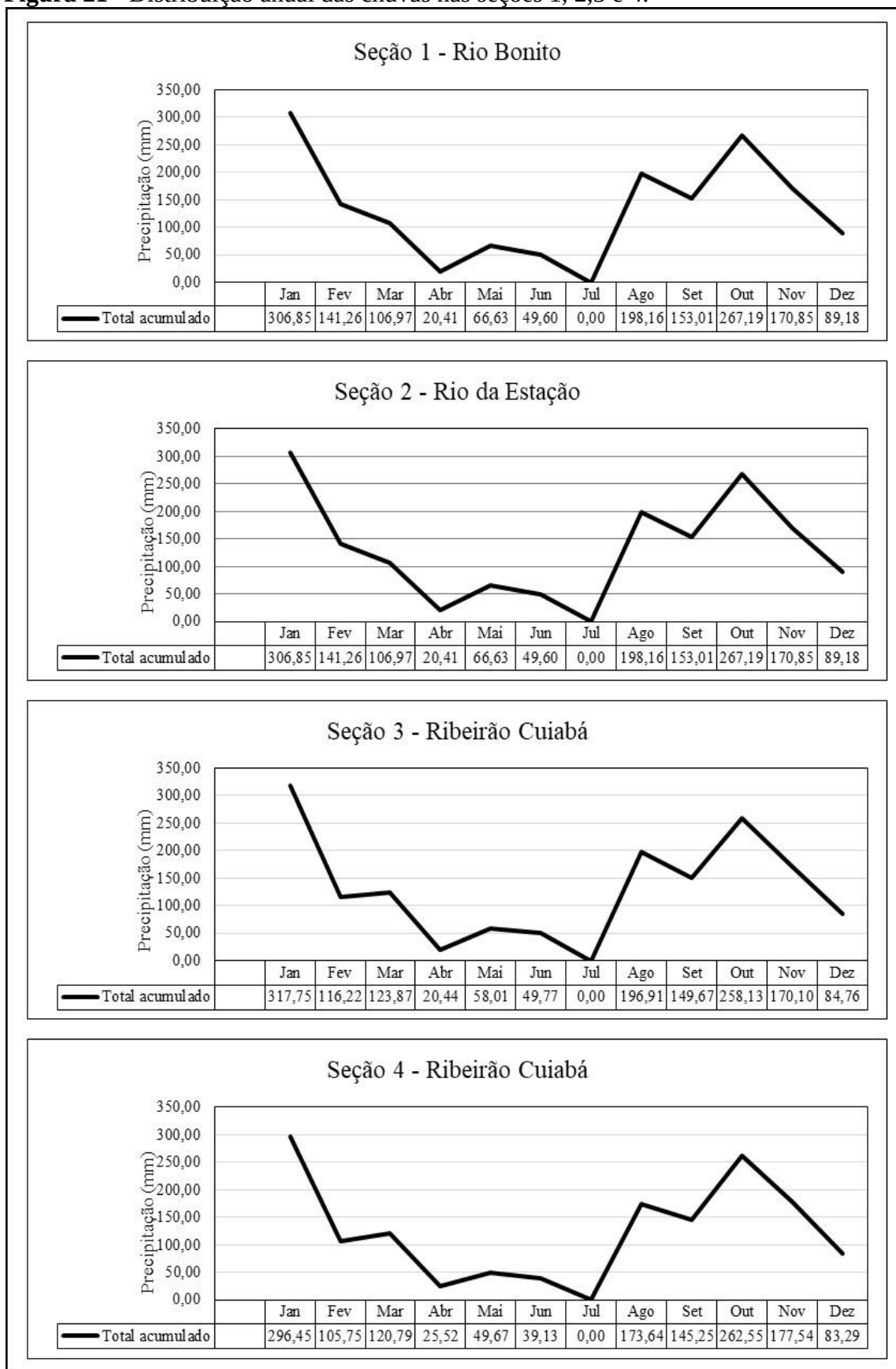
Tabela 13 - Precipitação média ocorrida nas bacias hidrográficas monitoradas.

Ano	Mês	Chuva (mm)
2018	<i>Janeiro</i>	299,60
	<i>Fevereiro</i>	115,12
	<i>Março</i>	119,63
	<i>Abril</i>	20,45
	<i>Maio</i>	51,51
	<i>Junho</i>	34,18
	<i>Julho</i>	0,40
	<i>Agosto</i>	148,96
	<i>Setembro</i>	139,06
	<i>Outubro</i>	260,43
	<i>Novembro</i>	172,30
	<i>Dezembro</i>	88,86

Fonte: NASA. Organização: FERNANDES, M. R. Orientação: ARAUJO, R. R.

A fim de se alcançar o conhecimento da distribuição das chuvas ao longo do ano em cada seção de monitoramento, elaborou-se um gráfico de precipitação para cada uma delas. A distribuição das chuvas nas seções 1, 2, 3 e 4 está apresentada na Figura 21.

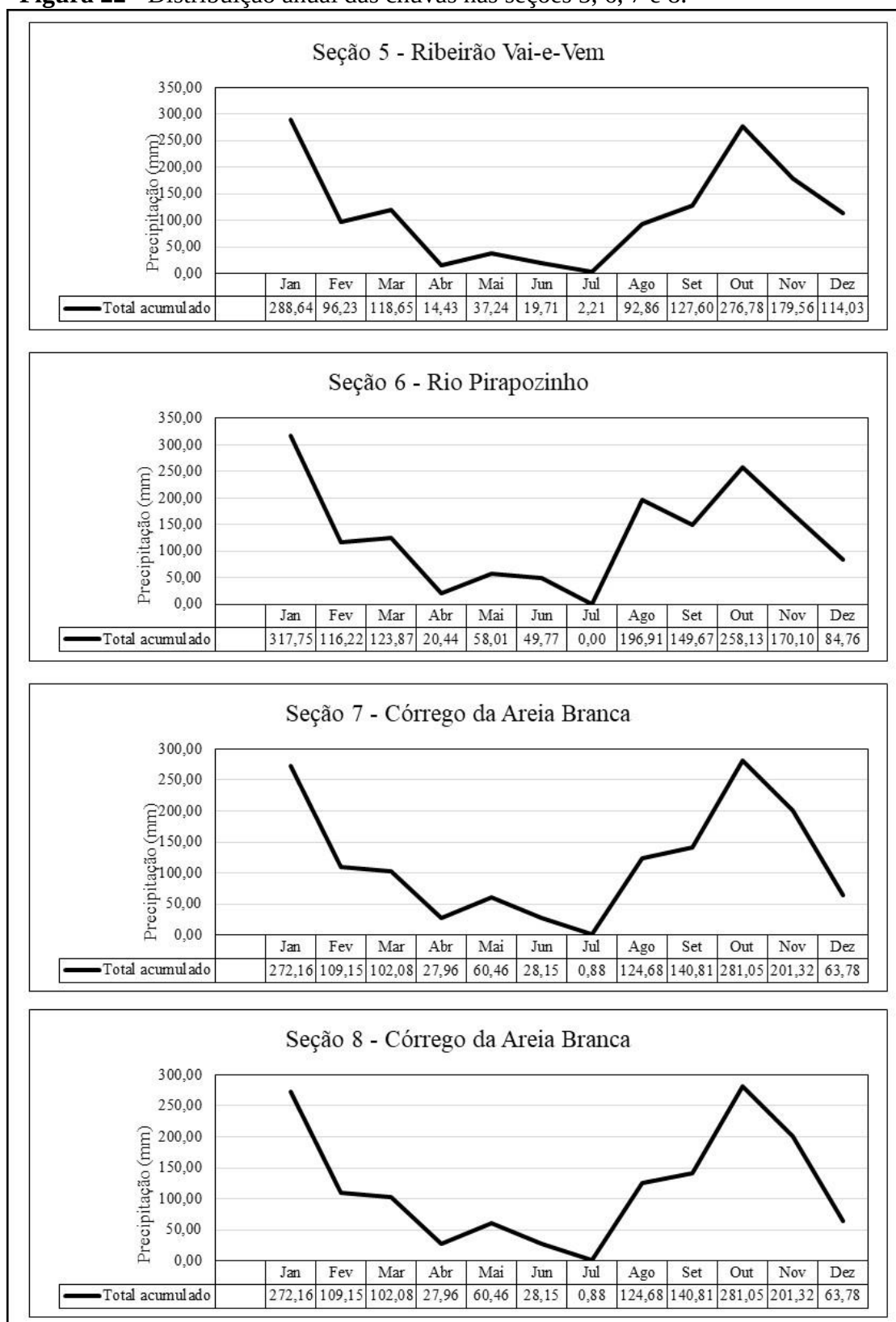
Figura 21 - Distribuição anual das chuvas nas seções 1, 2,3 e 4.



Fonte: NASA. Organização: FERNANDES, M. R. Orientação: ARAUJO, R. R.

Desse modo, é possível observar que em geral, as chuvas obtiveram uma distribuição bastante semelhante nas seções 1, 2, 3 e 4 com um período de chuvas mais intenso no verão e na primavera e mais ameno no outono e no inverno. O comportamento das chuvas nas seções 5, 6, 7 e 8 pode ser conferido na Figura 22.

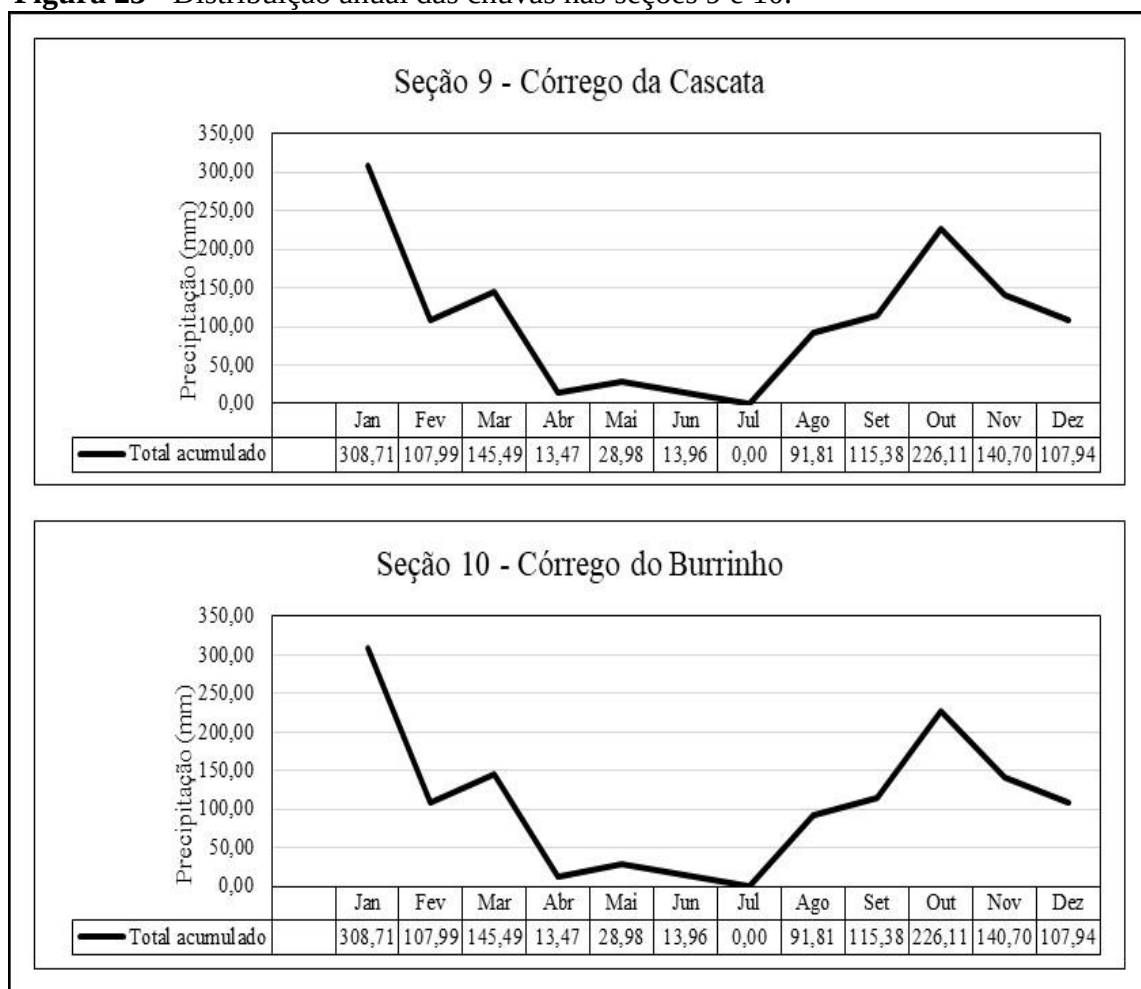
Figura 22 - Distribuição anual das chuvas nas seções 5, 6, 7 e 8.



Fonte: NASA. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Observa-se que nas seções 5, 6, 7 e 8 há um comportamento semelhante das seções 1, 2, 3 e 4, com valores elevados de precipitação nos primeiros meses do ano, diminuindo nos meses de abril, maio e junho e aumentando novamente no final do ano. A Figura 23 representa a distribuição das chuvas nas seções 9 e 10.

Figura 23 - Distribuição anual das chuvas nas seções 9 e 10.



Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

É possível observar que em geral, as chuvas obtiveram uma distribuição bastante semelhante nas seções 9 e 10 e, que por sua vez, se apresentam com um comportamento equivalente aos outros ambientes analisados, com um período de chuvas mais intenso nos meses de janeiro, fevereiro, março, setembro, outubro, novembro e dezembro, ao passo que os meses de junho, julho e agosto tiveram índices pluviométricos reduzidos. Analisando as Figuras 21, 22 e 23, constata-se que em geral, todas as bacias hidrográficas apresentam uma distribuição de chuvas correspondente.

4.2.2. Análise de Componente Principal (ACP)

Além de identificar as características físicas, químicas e microbiológicas de um corpo hídrico, é fundamental que se leve em consideração o monitoramento da variabilidade sazonal e espacial para compreender a qualidade da água (BERTOSSI et al., 2013).

A Análise de Componente Principal (ACP) é empregada em muitos estudos que envolvem os temas relacionados à qualidade das águas em diversas bacias hidrográficas em diferentes estados brasileiros (ROCHA; THOMAZ, 2004; ANDRADE et al., 2007; ARAÚJO-NETO et al., 2014; GARDIMAN-JUNIOR, 2015; FERNANDES et al., 2019; ARAÚJO et al., 2019; CORREA, 2020). Essa análise facilita a interpretação dos dados, que muitas vezes se encontram de maneira dispersa não sendo possível obter um diagnóstico preciso da real situação dos ecossistemas aquáticos analisados.

A ACP explicou um conjunto de variáveis e os componentes principais 1 e 2 foram os mais relevantes para serem utilizados nessa análise, representando 62,53 % da variância total dos dados (CP1: 40,21 % e CP2: 22,32%).

A condutividade elétrica, turbidez, material em suspensão total, matéria orgânica, matéria inorgânica e o fósforo total correlacionaram-se negativamente com o CP1. De acordo com estes resultados essas variáveis apresentaram menores valores para os dois meses de coleta. A variável oxigênio dissolvido e a variável íon-amônio se correlacionaram positivamente com o CP2 e a precipitação se correlacionou de forma negativa com o CP2.

A Tabela 14 expõe os coeficientes de estrutura derivados da ACP utilizada para os dados limnológicos para os meses de fevereiro e novembro de 2018. Por meio dos coeficientes são expressas as correlações de Pearson entre as variáveis e os componentes principais 1 e 2. Os valores iguais ou maiores que 0,60 (em módulo) foram extraídos para essa análise e estão destacados em negrito apontando os coeficientes de estrutura que mais se correlacionaram com o CP1 e o CP2.

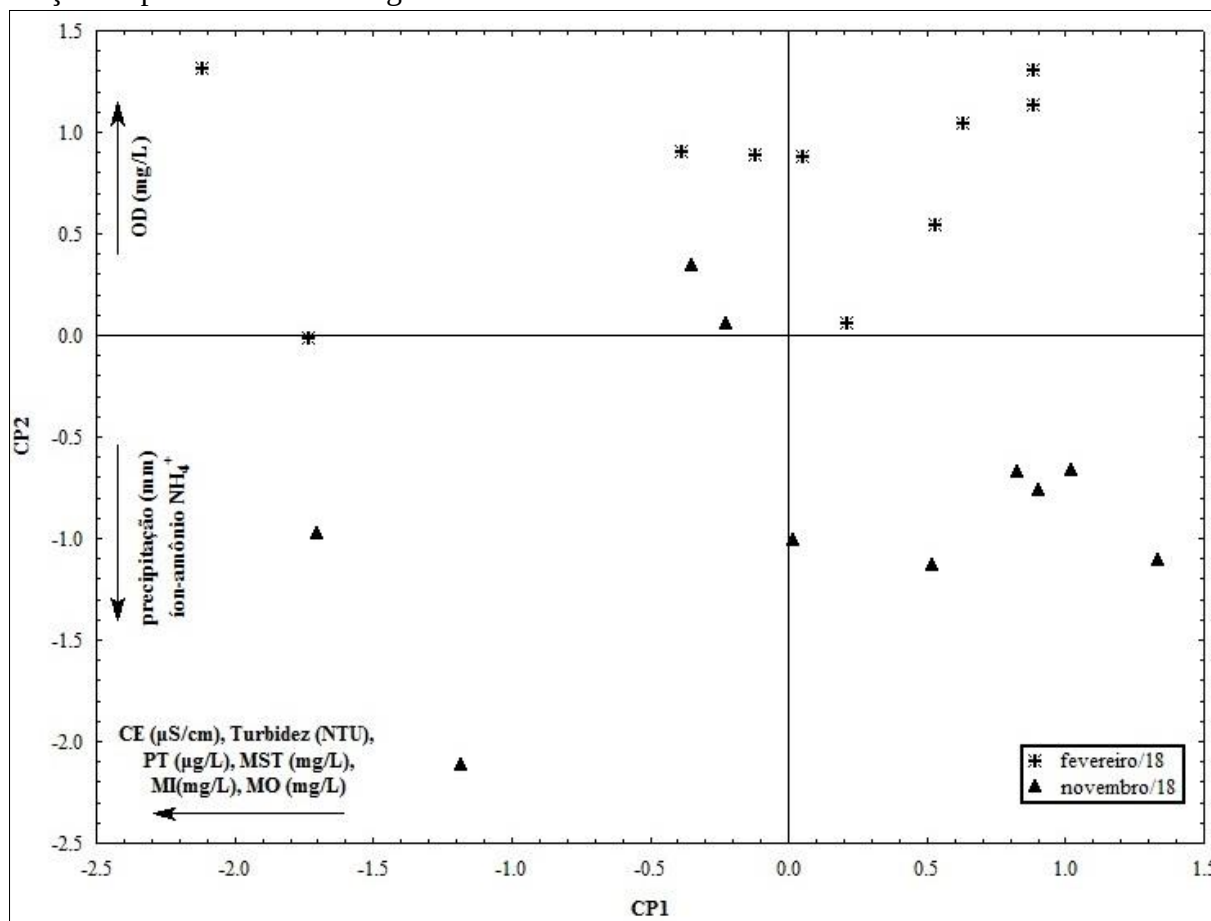
Tabela 14 - Coeficientes de estruturas resultantes da ACP adotados aos dados limnológicos.

Variáveis limnológicas	CP1	CP2
pH	0,29	-0,43
OD (mg/L)	-0,26	0,82
Temp. água (°C)	0,04	0,29
CE (µS/cm)	-0,66	-0,51
Turbidez (NTU)	-0,82	0,29
Q (m³/s)	0,20	-0,16
MST (mg/L)	-0,96	-0,13
MI (mg/L)	-0,96	-0,11
MO (mg/L)	-0,93	-0,15
N-NH ₄ ⁺ (µg/L)	-0,45	-0,65
PT (µg/L)	-0,70	0,27
Precipitação (mm)	0,25	-0,89

Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

Levando em consideração o componente principal 1, nota-se que não houve tendência de agrupamentos na escala temporal dos resultados das variáveis mensuradas. A Figura 24 representa o comportamento das variáveis em função dos meses de coleta.

Figura 24 - Análise de componentes principais e a ordenação das variáveis limnológicas em função do período de amostragem.



Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

É possível observar um agrupamento dos dados em relação ao CP2, mostrando que o mês de fevereiro se apresentou com maiores concentrações de oxigênio dissolvido quando comparado com o mês de novembro. Enquanto no mês de novembro puderam-se observar maiores concentrações de íon-amônio e de precipitação quando comparado com o mês de fevereiro.

Esses resultados indicam que houve uma variabilidade sazonal de algumas variáveis em relação aos meses de coleta, evidenciando alteração da qualidade das águas em relação ao período do ano. Os pesquisadores Silva et al. (2008) e Ribeiro et al. (2016) também observaram tendências sazonais em estudos realizados em ambientes aquáticos, encontrando valores distintos para as variáveis físico-químicas da água em relação aos diferentes períodos do ano.

Os maiores valores de oxigênio dissolvido para o mês de fevereiro estão relacionados a menores valores médios de precipitação, quando comparados aos valores médios de precipitação para o mês de novembro. A literatura nos apresenta que a precipitação aumenta a conectividade entre os canais fluviais e a bacia de drenagem (ARAÚJO et al., 2018).

Nesse sentido, alguns autores (LI et al., 2009; TRAN et al., 2010) manifestam que no período das chuvas, verifica-se um acréscimo de nutrientes nas águas em áreas que contemplam as atividades agrícolas por meio do escoamento superficial. Com o aporte de materiais de origem orgânica nas águas, os teores de oxigênio podem diminuir (SILVA et al., 2011), o que foi observado para o mês de novembro. Fernandes et al. (2018) complementa:

O baixo valor de oxigênio dissolvido pode ter relação com o uso do solo no entorno, que em sua maioria é agrícola, o que pode ocasionar fertilização das águas, a partir do carreamento, pela água de chuva, de nutrientes advindos dos cultivos e posterior consumo de oxigênio na depuração dos compostos (FERNANDES, et al., 2018, p. 328).

Normalmente, o oxigênio dissolvido tem os seus valores reduzidos ou praticamente desaparecem quando o corpo hídrico recebe altas taxas de compostos de origem orgânica biodegradáveis, que podem advir de esgotos domésticos, vinhoto, resíduos industriais, dentre outras fontes (FERNANDES et al., 2018). Essa constatação pode se exprimir em um dos motivos que o mês de novembro tenha se apresentado com menores concentrações de oxigênio dissolvido do que o mês de fevereiro.

Em contrapartida, é válido que se leve em consideração que a redução das concentrações de oxigênio dissolvido pode estar vinculada a fertilização das águas por meio da ressuspensão do sedimento de fundo resultante do incremento de vazão do corpo d'água em períodos de chuva (ROCHA, 2003; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

No mês de novembro puderam-se observar maiores valores de íon-amônio quando comparado com o mês de fevereiro. Essa tendência também pode ser explicada em razão da maior conectividade entre o ecossistema terrestre e aquático no mês de novembro, sendo que a chuva é considerada uma função de força importante.

Pesquisas de (ROCHA, 2003; ESTEVES, 2011; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008) indicam que o escoamento superficial, ocorridos pela precipitação, promove o arraste de nutrientes para os ambientes aquáticos. Com isso, ocorre a entrada frações de fósforo e nitrogênio para as águas superficiais dos corpos hídricos. Este fato pode explicar maiores valores do íon-amônio nas águas superficiais para o mês de novembro, que apresentou maiores médias da variável precipitação.

Esteves e Amado (2011) indicam que em termos de elementos químicos presentes na natureza, o nitrogênio se exprime como sendo um dos mais relevantes dos componentes

encontrando-se nos ecossistemas aquáticos de diversas formas, sendo o nitrato e o íon amônio as formas mais importantes, pois, podem ser facilmente assimiladas pelos produtores primários.

Ainda de acordo com Amado e Esteves (2011), a forma inorgânica de nitrogênio mais relevante no meio aquático é o íon amônio, pois, metabolicamente falando, ele é imediatamente absorvido pelos produtores primários. “Quando em altas concentrações no meio, o íon amônio pode apresentar importantes implicações ecológicas aos ecossistemas, com destaque para a dinâmica de oxigênio dissolvido” (AMADO; ESTEVES, 2011, p. 241). De acordo com Amneeraet al. (2013), se as taxas de concentração da amônia estão elevadas, a água do rio é considerada como poluída.

Algumas pesquisas elucidam que características naturais como a geologia, a geomorfologia e o clima, são alguns dos fatores que têm uma atuação bastante influente tanto na qualidade quanto na quantidade de água dos ambientes fluviais (VANNOTE et al., 1980; WARD, 1989; PETTS; FOSTER, 1990).

Ademais, os fatores antrópicos também interferem nos ecossistemas, seja por meio do desmatamento, na apropriação de terras para a agricultura em áreas de drenagem, no uso de águas superficiais para fins de abastecimento público, na diluição de efluentes, ou ainda para irrigação de lavouras, conforme relatam outras pesquisas (TUNDISI, 2003; AZEVEDO; CHASIN, 2003; MATTHIENSEN et al., 2014).

Levando em consideração que a maioria das seções é composta por áreas agricultáveis como o monocultivo canavieiro, infere-se que esses resultados possam estar correlacionados com essas apropriações, já que essas práticas agrícolas, quando ocorrem de forma desordenada, podem acarretar efeitos adversos nos ecossistemas aquáticos adjacentes. Os autores Brunini et al. (2017) alertam que as práticas agrícolas resultantes da cultura da cana-de-açúcar têm efeito sobre a qualidade da água nos corpos d’água, ainda que esses sejam ou não protegidos pela cobertura vegetal.

4.2.3. Análise de Cluster (AC)

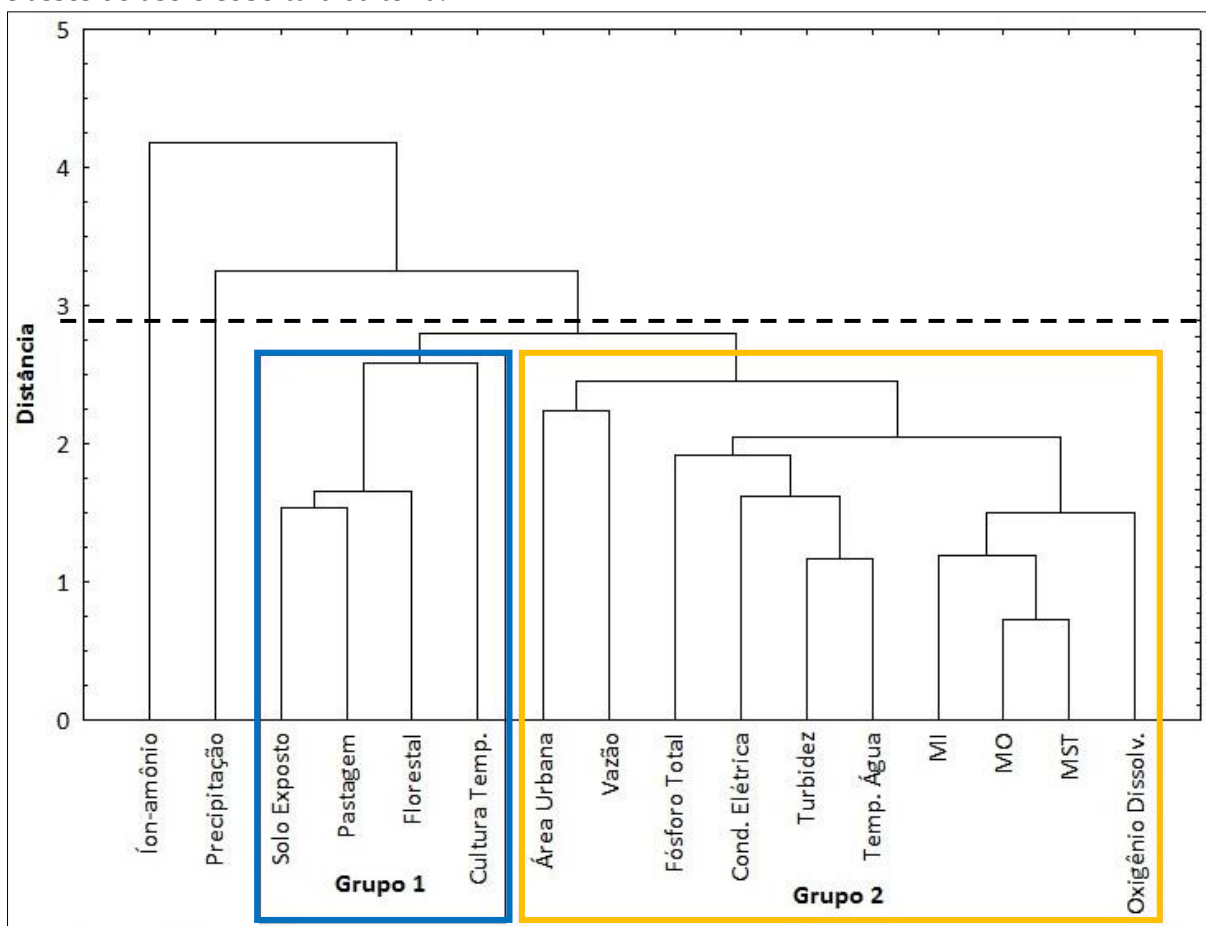
A Análise de Cluster (AC) consiste em uma exímia ferramenta capaz de apresentar as similaridades entre os parâmetros que constituem um banco de dados e muitos são os pesquisadores que encontram diferentes agrupamentos e resultados que auxiliaram na interpretação da real situação da qualidade das águas em diferentes bacias hidrográficas situadas em biomas brasileiros (PALÁCIO et al., 2009; BERTOSSI et al., 2013; TRINDADE, 2013; BERTOSSI; LASTORIA, 2015; MENEZES et al., 2016; SOUZA, FRANCA et al., 2018; ARAÚJO et al., 2019; CORREA, 2020).

Os autores Trindade et al. (2017) relatam que o banco de dados proveniente do monitoramento de corpos d'água pode gerar uma complexidade em relação aos parâmetros analisados, mediante os períodos de coleta que acaba por dificultar a análise e o entendimento dos dados de qualidade da água para serem utilizados de forma precisa na gestão das águas.

Os mesmos autores reforçam que “métodos estatísticos multivariados são excelentes ferramentas exploratórias para a interpretação desse complexo conjunto de informações e são com frequência utilizados concomitantemente com as análises de tendência” (TRINDADE et al., 2017, p. 14).

Os resultados da análise de cluster, aplicada às variáveis físico-químicas da água (oxigênio dissolvido, temperatura da água, condutividade elétrica, turbidez, vazão, material em suspensão total, matéria orgânica, matéria inorgânica, íon-amônio e fósforo total), de precipitação e das classes de uso e cobertura da terra (florestal, pastagem, cultura temporária, solo exposto e área urbana) estão dispostos no dendograma apresentado na Figura 25.

Figura 25 - Dendograma do comportamento das variáveis limnológicas, da precipitação e das classes de uso e cobertura da terra.



Fonte: Pesquisa Direta. **Organização:** FERNANDES, M. R. **Orientação:** ARAUJO, R. R.

A Figura 25 apresenta um dendograma que originou dois grupos, sendo eles: i) o grupo 1 formado pelo solo exposto, pastagem, florestal, cultura temporária; ii) o grupo 2 formado

pela área urbana, a vazão, fósforo total, condutividade elétrica, turbidez, temperatura da água, matéria inorgânica, matéria orgânica, o material em suspensão total e o oxigênio dissolvido. Ressaltando ainda, que todos os grupos apresentaram similaridade com a precipitação e o íon amônio, de forma indireta.

No primeiro grupo, observou-se uma similaridade direta entre classes de uso e cobertura da terra. Estes resultados indicam que a cultura temporária tem uma forte relação com solo exposto, pastagem e a classe florestal. Esta relação pode ser resultado do fato das classes solo exposto, pastagem e a classe florestal estarem sendo substituídas pela cultura temporária, representada pela cana-de-açúcar na região do Pontal do Paranapanema.

A substituição das classes solo exposto, pastagem e florestal pela cana-de-açúcar está em consonância com estudos realizados na região do Pontal do Paranapanema, quando elucidam que o monocultivo canavieiro vem se expandindo e tomando conta de diversas áreas em larga escala (VICTOR et al., 2005; BARRETO; THOMAZ JUNIOR, 2012; ARAÚJO et al., 2017; ROSA, 2017; CBH-PP, 2019).

Em decorrência do avanço do monocultivo canavieiro, os cursos d' água que se encontram nas proximidades dessas práticas agrícolas podem passar por modificações em suas propriedades físicas e químicas e conseqüentemente na qualidade dessas águas, isso se deve pelo fato de que podem ocorrer situações que proporcionem esse cenário, como a aplicação de substâncias químicas e agrotóxicas, ou mesmo pelo manejo inadequado do solo (FERNANDES et al. 2018), dentre outras situações determinantes nesse quesito. De acordo com Von Sperling (2005), a qualidade da água está intimamente ligada com o uso e ocupação da terra de uma bacia hidrográfica, bem como, das suas condições naturais.

A similaridade que ocorre entre os usos das classes solo exposto, pastagem, floresta, cultura temporária com a precipitação e o íon amônio, de forma indireta, apresentada no dendograma, demonstra que a conectividade entre as áreas cultivadas e o ambiente aquático se dá por meio do escoamento superficial no período chuvoso. Essa informação corrobora com os princípios de conectividade existentes entre os sistemas constatados pelas teorias ecológicas (VANNOTE et al., 1980; WARD; STANFORD, 1983; JUNK et al., 1989; WARD, 1989; POOLE, 2002).

Partindo da perspectiva da conectividade ecológica, supõe-se que existem diversas relações acontecendo entre os sistemas aquáticos e riparianos e os cursos d'água (ROCHA; ROCHA, 2007). Tendo em vista que o nitrogênio é uma das variáveis mais importantes, esse elemento pode apresentar alguns problemas por possuir certa facilidade em ser lixiviado (OLIVEIRA FILHO; LIMA, 2002) e acabar comprometendo o equilíbrio nos processos metabólicos, ocorridos no meio aquático com o incremento desse nutriente no sistema.

Von Sperling (1996) elucida que o nitrogênio amoniacal é uma variável que indica a poluição recente em um curso d'água. Nesse sentido, infere-se que o uso de fertilizantes nas áreas com o plantio de cana-de-açúcar esteja atingindo os canais fluviais pela entrada de material alóctone, por meio do escoamento superficial acelerando os processos de lixiviação.

Os impactos provenientes das interferências humanas podem ocasionar diversas alterações na qualidade da água (DE PAULA, BENEDETTI; FILHO, 2016), e comprometer os seus usos múltiplos, juntamente com a qualidade de vida de uma população e o bem estar do meio ambiente. Santos (2018) relata que o uso e cobertura da terra desempenha uma influência sob a capacidade da água em infiltrar no solo, dificultando o processo de escoamento superficial da água.

Os autores Targa et al. (2012) argumentam que o uso do solo pode modificar algumas propriedades naturais do ambiente, como o percurso natural das águas, seja pela forma de infiltrar, escoar ou evaporar, no que conseqüentemente, afeta todo o ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica. Os mesmos autores relatam ainda, que algumas formas de uso podem ser ainda mais intensas em uma bacia hidrográfica, como por exemplo, o desmatamento e a urbanização.

O solo exposto atua significativamente no arraste de material particulado para os cursos d'água, influenciando nos valores de turbidez e de sedimentos em suspensão, seja de origem orgânica ou inorgânica. Partindo desse pressuposto, o solo descoberto de vegetação em bacias hidrográficas, acarreta material alóctone principalmente por escoamento superficial.

Com relação ao segundo grupo, a área urbana, a vazão, fósforo total, condutividade elétrica, turbidez, temperatura da água, matéria inorgânica, matéria orgânica, o material em suspensão total e o oxigênio dissolvido apresentaram similaridades diretas entre si, sendo todas essas variáveis relacionadas com a precipitação e o íon-amônio, de forma indireta.

Com relação à similaridade entre área urbana e a vazão, compreende-se que dependendo da forma como se conduz o curso natural de um corpo hídrico com o planejamento urbano aplicado, pode ser que ocorram alterações tanto na qualidade quanto na quantidade das águas, sejam elas de origem pluvial ou fluvial.

Seja para fins de moradia ou para a realização de práticas econômicas, a sociedade tem a necessidade em ocupar novos lugares cada vez mais e, isso tem gerado em alguns casos uma ocupação não planejada, especialmente àquelas que ocorrem no entorno das margens dos cursos d'água, proporcionando impactos indesejáveis ao meio ambiente (TARGA et al., 2012).

Ao longo de muito tempo, a drenagem urbana tinha como objetivo eliminar rapidamente o volume de água gerado no período das chuvas, bem como pelos esgotos

sanitários. Nesse sentido, Filho e Costa (2012) admitem que essas medidas não levaram em consideração os efeitos adversos que provém dessas práticas e ainda complementam:

“Tanto a ausência como a ineficiência dos sistemas de drenagem urbana geram o aumento excessivo do volume de escoamento superficial, podendo ainda ser agravado pela expansão urbana. Este aumento do volume de escoamento superficial promove as enchentes que por consequência trazem consigo enormes prejuízos.” (FILHO; COSTA, 2012, p. 13).

Algumas modificações ocorridas no meio urbano podem acarretar certas complicações no curso natural de um rio, como por exemplo, a alteração na vazão que ocorreria naturalmente se não houvesse drásticas interferências. Tucci (2008) corrobora essa afirmação quando traz em suas pesquisas que a impermeabilização e a canalização do escoamento dos rios urbanos, tendem a aumentar a vazão das águas urbanas. Para tanto, é necessário que haja o devido planejamento urbano e que este esteja em consonância com os processos naturais que ocorrem no ambiente.

Os autores Rebouças, Braga e Tundisi (2006) discutem alguns dos impactos ambientais causados no meio aquático em função do desenvolvimento urbano, sendo eles: aumento da temperatura no ambiente, incremento de sedimentos e material alóctone, influência na qualidade das águas pluviais, contaminação dos aquíferos, enchentes em áreas ribeirinhas e a contaminação por esgotos domésticos e industriais. Nesse sentido, é possível compreender que a precipitação esteja intrinsecamente ligada às modificações na vazão e na área urbana, bem como, com o íon-amônio por meio da entrada de material alóctone.

O comportamento desses parâmetros que obtiveram similaridade no grupo 2, estão interligados, podendo ser a resposta de determinados comportamentos em função dos usos e cobertura da terra no entorno das seções monitoradas. Levando em consideração as similaridades que ocorrem indiretamente do grupo 2 com o grupo 1 e ambos com a precipitação e o íon-amônio, pode-se considerar outros comportamentos que ocorrem entre as variáveis analisadas.

Nesse sentido, as frações de fósforo e nitrogênio podem ser entendidas como variável-resposta a um ambiente poluído e funcionam como um fator limitante na produtividade primária nos ecossistemas aquáticos. Partindo desse pressuposto, supõe-se que indiretamente as práticas agrícolas que ocorrem nesse ambiente, tenham contribuído para as altas taxas de nutrientes na água, já que essas classes de uso e cobertura da terra possuem uma relação indireta com o grupo 2. É válido lembrar que “a produção primária em sistemas de água doce está frequentemente correlacionada com o fósforo disponível” (ODUM; BARRET, 2008, p. 150) assim como as frações de nitrogênio.

O fósforo pode ser oriundo de fontes naturais presentes na composição química das rochas podendo ser transportado aos cursos d'água por meio do escoamento superficial, e de fontes artificiais como é o caso dos fertilizantes agrícolas, material particulado procedente de atividades industriais expelidos na atmosfera e também pelo lançamento de esgotos sanitários (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

Souza e Tundisi (2003) expõem a influência que existe do uso e ocupação do solo e da terra na qualidade das águas, especialmente nos níveis de nitrogênio e fósforo em áreas com forte ocupação pela agricultura. “O excesso de fosfato dissolvido nos sistemas aquáticos resultantes da crescente entrada por escoamento de materiais urbano-industriais e agrícolas é a preocupação do presente” (ODUM; BARRET, 2008, p. 150). Os pesquisadores Machado, Knapik e Bitencourt (2019, p. 265) revelam que “no setor agrícola, há uma enorme contribuição de cargas, especialmente de fósforo, que podem levar à eutrofização de reservatórios situados a jusante”.

Segundo Wetzel (2001), o fósforo se exprime como sendo o principal fator limitante de produtividade na maioria dos ecossistemas aquáticos continentais. A entrada de fósforo no sistema por vias naturais pode ocorrer em função da composição mineralógica das rochas que compõem a bacia hidrográfica (ESTEVES, 2011), mas, também pode ser a partir da interação entre as águas superficiais e subterrâneas, ainda que nesse segundo caso a concentração de fósforo seja consideravelmente reduzida (WETZEL, 2001).

Com relação aos níveis de condutividade elétrica, esses dependem das concentrações iônicas diluídas no meio aquoso e também da temperatura e, indica também a quantidade de sais presentes ao longo de toda a coluna d'água e, portanto, a condutividade pode representar os níveis de poluição desse ambiente, ainda que seja de uma forma indireta de quantificar (SILVEIRA, 2014). As concentrações de condutividade elétrica podem ser incrementadas mediante o lançamento de efluentes de origem industrial, por exemplo, seja na época da cheia ou da seca (ESTEVES, 2011), portanto, os índices pluviométricos atuam diretamente no comportamento dessa variável.

Ressalta-se que existe uma correlação direta dos sólidos dissolvidos totais em função da condutividade elétrica (ESTEVES, 2011; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008), sendo essa elevada, em função das taxas de sólidos dissolvidos presentes na água (CETESB, 2017), devido às cargas de elementos não iônicos e dos sais que se encontram agregados nesses materiais (PIRATOBA et al., 2017).

Normalmente, as águas de escoamento superficial transportam quantidades significativas de sólidos suspensos e apresentam uma aparência bastante turva (HESPANHOL, 2009). Prado (1999) declara que a intensificação [desordenada] das atividades antrópicas ocorridas no entorno dos cursos d'água repercute nas concentrações de

sólidos presentes no meio aquático. Tucci (2008) elenca essa informação relatando que com a canalização dos rios urbanos, há um incremento de resíduos sólidos e interferências na qualidade da água dos cursos d'água que se encontram nas proximidades das áreas urbanas.

Os pesquisadores Gonçalves, Rocha e Ferreira (2011) argumentam que em alguns locais do Pontal do Paranapanema onde a cultura da cana-de-açúcar é mais intensiva e ocorre sem o devido manejo do solo associado com o uso de agrotóxicos, ocorrem modificações ambientais relevantes, como por exemplo, o assoreamento dos rios, o aumento das taxas de turbidez, sólidos em suspensão e da condutividade elétrica nos canais fluviais.

O excesso de sedimentos nos corpos d'água resulta em elevada turbidez, comprometendo áreas de reprodução de espécies e podendo levar à perda de habitats aquáticos. Pesticidas usados na agricultura são transportados pelas águas superficiais, ameaçando a vida selvagem e silvestre, e a saúde humana das comunidades que fazem uso dessa água (MATTHIENSEN, 2017, p. 50).

Kramer e Pereira Filho (2011) argumentam que os solos que se encontram com a ausência de vegetação tendem a impulsionar os processos erosivos levando grandes quantidades de sólidos aos corpos d'água. De acordo com Buzelli e Cunha-Santino (2013), os sólidos totais têm um comportamento semelhante ao da turbidez, podendo afetar as condições de luminosidade da água e conseqüentemente, nos sistemas metabólicos de organismos autotróficos que realizam a fotossíntese, bem como dos heterotróficos que necessitam do oxigênio dissolvido na água.

A presença de material particulado em suspensão na água interfere diretamente na dispersão da luminosidade diminuindo a transparência da água, nesse caso, quanto maior forem as taxas de sólidos em suspensão, maior serão as concentrações de turbidez encontradas (TEIXEIRA; SENHORELO, 2017), reduzindo a produtividade primária de algas e outras plantas que realizam a fotossíntese devido à dificuldade que a luz e o calor possuem para atravessar a coluna d'água (WETZEL, 2001).

É possível que a relação entre os valores apresentados de turbidez e de material em suspensão total estejam relacionados a esse cenário, que normalmente contribui com o transporte de material alóctone para os cursos d'água, principalmente por meio do escoamento superficial.

Tanto o material em suspensão quanto a turbidez variam em uma escala espacial e também temporal em um ecossistema aquático de águas continentais (MEDEIROS, SEGUNDO; MAGALHÃES, 2015) e, essas mudanças ocorrem em função da precipitação, do uso e cobertura da terra e da geometria hidráulica do canal, como a vazão (Silva et al., 2008).

Considerando que as bacias hidrográficas monitoradas possuem como classe predominante a cultura temporária, supõe-se que exista uma correlação entre os parâmetros limnológicos e essas práticas agrícolas. O lançamento de agrotóxicos, adubo animal, sedimentos, fertilizantes e/ou outras fontes de matéria orgânica e inorgânica provenientes da agricultura, ainda que ocorra indiretamente nos cursos d'água, podem cooperar para a degradação da qualidade da água nesses ambientes aquáticos (MARQUES; COTRIM; PIRES, 2007).

O autor Mellanby (1977) corrobora e elenca essa afirmação quando diz que em condições naturais, a eutrofização proporciona o equilíbrio no meio aquático, mas é fortemente influenciada quando as atividades humanas interferem nesses ambientes de forma desenfreada e sem os devidos conhecimentos.

A presença dos sedimentos nos corpos d'água advém de materiais de origem inorgânica e orgânica e são a consequência de processos erosivos que acontecem nas margens das bacias hidrográficas (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). A existência de matéria orgânica no meio aquático influencia de maneira significativa os processos metabólicos nesse ambiente, impulsionando essas reações mediante a quantidade de nutrientes presentes e atingindo as características da água nos seus aspectos físico-químicas e biológicas (BENETTI; BIDONE, 2009).

Os pesquisadores Ribeiro, Sandrini e Boêno (2013) alegam que no Brasil as agroindústrias são consideradas uma das maiores fontes de poluição e isso se deve ao fato de que essas atividades se beneficiam de substâncias orgânicas e de nutrientes (especialmente de nitrogênio e fósforo), bem como de outros sólidos, graxas e óleos, gerando por fim resíduos dessa natureza.

No que se refere às concentrações de oxigênio dissolvido na água, essas podem passar por alterações mediante os processos de oxidação da matéria orgânica e inorgânica que se encontram na sua forma diluída ou particulada no meio aquático. Além de o oxigênio dissolvido ser fundamental para organismos aeróbicos, essa variável constitui em um dos principais parâmetros para acusar os efeitos de poluição das águas, provenientes do lançamento de despejos de origem orgânica (VON SPERLING, 2007; RIBEIRO; SANDRINI; BOÊNO, 2013).

A solubilidade de todos os gases presentes na água, incluindo o oxigênio, depende essencialmente dos valores de pressão e temperatura (FIORUCCI; FILHO, 2005; ESTEVES; FURTADO, 2011), bem como, dos sais que se encontram dissolvidos na água (VALENTE; PADILHA; SILVA, 1997). De acordo com os mesmos autores, em elevadas temperaturas, a dissolubilidade do oxigênio na água diminui, ao passo que Margalef (1983) relata que a solubilidade do oxigênio aumenta na mesma proporção em que a temperatura diminui. Essa

constatação confirma o agrupamento encontrado envolvendo o oxigênio e a temperatura da água, pois os valores encontrados dessas variáveis estão interligados diretamente.

Considerando um ambiente com suas condições naturais sem ter nenhum fator de poluição detectado, os processos de oxidação que comumente acontece pelo oxigênio dissolvido na água, são de matéria orgânica descendente por aqueles materiais de origem biológica, que provém de restos de animais e de plantas mortas (FIORUCCI; FILHO, 2005). Nesse seguimento, pode-se induzir que quanto maior for o nível de matéria orgânica presente na água, seja pelas condições naturais ou poluidoras, maior serão o consumo de oxigênio para a realização os processos de putrefação desses nutrientes e, portanto, menores concentrações de oxigênio serão medidas.

Carmouze (1994) expõe que é de suma importância a determinação do oxigênio dissolvido da água a fim de que se possa estimar as condições naturais do meio aquático e detectar possíveis impactos ambientais que possam estar acontecendo, como por exemplo, por meio da poluição orgânica e da eutrofização.

Em relação à precipitação, da mesma forma que a água que provém das chuvas pode diluir as substâncias e os gases presentes na água, ela também pode atuar no revolvimento de materiais que se encontram em áreas mais profundas no ambiente aquático.

Devido ao sistema aberto em que se encontra uma bacia hidrográfica, a precipitação que entra no meio aquático sai pelo seu exutório (COELHO NETTO, 1998; PORTO; PORTO, 2008; TUCCI, 2009). Nesse sentido, alguns pesquisadores puderam observar alterações nos ecossistemas aquáticos em função da precipitação (SILVA et al., 2008; MONTANHA et al., 2011; FERNANDES et al., 2018). Levando em consideração as informações apresentadas, pode-se constatar que os dados pluviométricos possuem uma relação significativa com os parâmetros físico-químico da água juntamente com o uso e cobertura da terra, influenciando direta e indiretamente no comportamento de todo o ecossistema.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As águas dos ecossistemas aquáticos estudados apresentaram uma dinâmica sazonal de suas características limnológicas frente ao comportamento da precipitação, corroborando com teorias ecológicas que demonstram que variáveis climáticas são importantes funções de força que determinam a limnologia destes ambientes. Isto demonstra a influência do ambiente físico sobre a dinâmica fluvial, e, portanto, ressaltam-se a necessidade de se levar em consideração as condições naturais na investigação dos sistemas aquáticos.

Ainda em relação aos eventos naturais ocorridos nas bacias hidrográficas, a Análise de Componente Principal revelou haver conectividade entre os ambientes aquáticos e terrestres em eventos de precipitação. O conjunto de dados explicou um agrupamento em função dos meses de coleta, indicando que houve uma variabilidade sazonal com algumas variáveis limnológicas, salientando modificações nas características físico-químicas das águas em função dos períodos do ano.

Neste sentido, os resultados chamam atenção, pois quando ocorre a conectividade entre os ambientes terrestres e aquáticos há o incremento das frações de íon amônio nas águas superficiais. Tendo em vista que a maioria das áreas de drenagem das bacias hidrográficas estudadas é ocupada pela cana-de-açúcar, provavelmente este aporte de nutriente é proveniente das áreas agricultáveis.

A Análise de Cluster (AC) indicou similaridade entre as classes solo exposto, pastagem, florestal e cultura temporária. Esta similaridade pode ser explicada em razão da apropriação do território pela classe cultura temporária, representada pela cana-de-açúcar.

Os resultados da AC indicaram também que a classe urbana, quando há um aumento da vazão, há incremento de frações orgânicas e inorgânicas nas águas, como exemplo as frações de fósforo total e íon-amônio em eventos de precipitação.

O uso da ferramenta SIG foi imprescindível para a elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas analisadas na UGRHI-22. Por meio desse mapeamento, foi possível obter a representação cartográfica da distribuição espacial dos usos e cobertura da terra nos canais fluviais monitorados, bem como, os valores de cada classe em área e porcentagem.

Diante disso, observou-se que as classes encontradas foram bastante semelhantes em todas as bacias hidrográficas, com exceção de algumas que continham a classe “área urbana” inserida, constando a predominância das mesmas atividades em toda a UGRHI-22.

Espera-se que os resultados possam servir para outros estudos que estejam vinculados aos eixos temáticos que nortearam essa dissertação, bem como para os pesquisadores que se propuserem a dar continuidade no monitoramento limnológico dos ambientes analisados. Tendo em vista, o preenchimento das lacunas e das demandas que porventura existirem por parte dos órgãos municipais, estaduais e federais e do próprio Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema (CBH-PP) a qual a UGRHI-22 pertence.

É importante destacar a necessidade de um monitoramento contínuo das variáveis aqui analisadas, para uma investigação criteriosa e conclusiva dos comportamentos e dinâmicas aqui encontrados, tendo em vista que esses resultados são exploratórios e, portanto, novas pesquisas devem ser realizadas para que se obtenha resultados comprobatórios e conclusivos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari-AP: Revisão descritiva. **Biota Amazônia Open Journal System**. Macapá, v. 5, n. 2, p. 119-131, 2015.
- Agência Nacional de Águas (ANA). Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?** Brasília, v.1, p. 66, 2011.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Os fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim do Instituto de Geografia e Geologia**, São Paulo, v. 41, p. 169-263, 1964.
- ALVES, J. P. H., FONSECA, L. C., CHIELLE, R. S. A., MACEDO, L. C. B. Monitoramento da qualidade da água da bacia do Rio Sergipe: uma avaliação usando análise multivariada de dados. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 23, e. 27, p. 1-12, 2018.
- AMNEERA, W. A.; NAJIB, N. W. A. Z.; YUSOF, S. R. M.; RAGUNATHAN, S. Water quality index of Perlis River, Malaysia. **International Journal on Civil and Environmental Engineering**, v.13, n. 2. p. 1-6, 2013.
- ANDRADE, E. M. ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007.
- APARECIDO, C. F. F.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H.; LIMA, R. C. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. **Revista Irriga**, 21, p. 239-256, 2016.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th. Washington: Public Health Association, 1998.
- ARAÚJO, R. R.; FERNANDES, M. R.; SANTOS, A. A.; ROCHA, P. C.; RIZK, M. C. Análise limnológica em canais de pequenas bacias de drenagem no Oeste Paulista. In: I Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e XXXIV Semana de Geografia da Universidade Estadual de Londrina, 2018, Londrina-PR. **Anais do I Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e XXXIV Semana de Geografia da Universidade Estadual de Londrina**. Londrina, 2018. p. 1861-1873.
- ARAÚJO, R. R. de.; LEAL, A. C.; SILVA, S. D.; SANTOS, A. A. Uso e cobertura da terra e as águas na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio – São Paulo/Brasil. In FAGUNDES, B.; LEAL, A. C.; DIAS, L. S. (Orgs). **Água: conceitos, metodologias e práticas**. 1^a ed. Tupã-SP: ANAP, 2019. cap. 07, p. 128-148.
- ARAÚJO-NETO, J. R.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; GUERREIRO, M. J. S.; PALÁCIO, H. A. Q. Proposta de índice da salinidade das águas superficiais de reservatórios do Ceará, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 8, n. 2, p. 184-193, 2014.
- ARAÚJO, R. R., ROCHA, P. C., SANTOS, A. A., RIZK, M. C., SANTOS, C. R. **O agrohídronegócio canavieiro e a apropriação da rede hidrográfica na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil**. In: 3º CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG 2017. Belo Horizonte: 13 a 15 de setembro de 2017, p. 1-14.

ARRUDA, G. B.; CORREIA, K.V.; OLIVEIRA, T. R. S.; BRAINER NETO, J. E.; ARAÚJO, F. P.; CARNEIRO, K. W. F. S. **Análise da qualidade da água do riacho moraes em área influenciada pela produção de gesso no município de Araripina, PE – Brasil.** Revista de Geologia, v. 28, nº 1, p. 27 - 38, 2015.

ASSUNÇÃO, E.G.; CASTRO, P. H. M.; PEREIRA, A. C. F.; KURODA, E. K. Análise temporal do uso e cobertura do solo e da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do rio Tibagi. **Revista DAE.** São Paulo, v. 68, n 222. p. 121-133, Ed. Esp., 2020.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia. **Rima e Intertox**, São Carlos e São Paulo, 2003.

BAARTMAN, J. E. M.; MASSELINK, R.; KEESSTRA, S. D. TEMME, A. J. A. M. Linking landscape morphological complexity and sediment connectivity. **Revista Earth Surface Processes Landforms**, 38, p. 1457–1471, 2013.

BACELLAR, L. A. P. O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. **Revista Geo Brasil**, p. 1-39, 2005.

BASTRUP-BIRK, A.; KURNIK, B.; ZAL, N.; MEIER, L.; LOEFFLER, T. **Forests and Water: Valuation and Payments for Forest Ecosystem Service.** UNECE. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2018.

BARRETO, M. J.; THOMAZ JUNIOR, A. Os impactos territoriais da monocultura da cana-de-açúcar no Pontal do Paranapanema – SP. **Revista Pegada**, Presidente Prudente, v. 13, n. 2, p. 46-68, 2012.

BARRETO, L. V.; FRAGA, M. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S.; CARVALHO, S. R.; BONOMO, P; SILVA, D. P. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 9, n. 1, 2014.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 4. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. Capítulo 22.

BERNARDI, J. V. E.; LACERDA, L. D.; DÓREA, J. G.; LANDIM, P. M. B.; GOMES, J. P. O.; ALMEIDA, R.; MANZATTO A. G.; BASTOS W. R. Aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. **Revista Geochimica Brasiliensis**, 23, p. 079-090, 2009.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSK, A. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia.** Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.

BERTOSSI, A. P. A.; MENEZES, J. P. C.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, M. A. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2025-2036, 2013.

BILLY, V. C.; MARCHANT, P. R.; LAIR, N.; VALADAS, B. Impact of agricultural practices on a small headwater stream: terrestrial and aquatic characteristics and self-purifying processes. **Hydrobiologia**, n. 421, p. 119-139, 2000.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2000.

BOTTINO, F. **Estudo experimental e matemático de qualidade da água com base na ecohidrologia fluvial de pequenas bacias: estudo de caso do rio Canha, baixo ribeira de Iguape, SP**. 2008. Dissertação (Mestre em Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, 2008.

BUCCI, M. M. H. S. Análise de metais, agrotóxicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas águas da Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 4, p. 804-824, 2015.

BUZELLI, G. M., CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

BRACKEN, L. J.; CROKE, J. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. **Hydrological Processes**. 21, p. 1749–1763, 2007.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.984, de 17 de Julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.

BRUNINI, R. G.; SILVA, M. C.; PISSARA, T. C. T. Efeito do sistema de produção de cana-de-açúcar na qualidade da água em Bacias Hidrográficas. **Revista Agrarian**. Dourados, n.36, v.10, p. 170-180, 2017.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees?. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 104, p. 185–228, 2004.

CALDAS, A. J. F. S. **Geoprocessamento e análise ambiental para determinação de corredores de hábitat na Serra da Concórdia, Vale do Paraíba – RJ**. Dissertação de Mestrado. Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

CARMOUZE, J. P. **O Metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo: Editora Edgard Blücher – FAPESP, 1994. p. 253.

CBH-PP – Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema. **Caracterização: características gerais da UGRH-22**. Presidente Prudente, 2018.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Apêndice E – Significado Ambiental das Variáveis de Qualidade**. CETESB: São Paulo, p. 1-57, 2017. (Série Publicações e Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 15 out. 2019.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas**. São Paulo: CETESB, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 22 out. 2019.

CHAGAS, D. S. **Relação entre concentração de sólidos suspensos e turbidez da água medida com sensor de retroespalhamento óptico**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1ª edição – São Paulo: Bluncher, 1999. 236 p.

COELHO NETTO, A. L. **Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia**. In: Guerra A. J. T. 1998.

COLLISCHONN, B. **Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído**. 2006. 193 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

CORREA, A. R. **Estudo das características limnológicas da água no Parque Estadual do Aguapeí e em canais fluviais em sua zona de amortecimento**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) - UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Presidente Prudente, 2020.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 211-252 p.

CTPI – COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS. **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da UGRHI – 22**. Pontal do Paranapanema: Relatório Zero. São Paulo: CPTI, 1999. Disponível em: <http://cbhpp.org/publicacoes-2/>. Acesso em: 06. nov. 2019.

DE PAULA, M. R.; BENEDETTI, A. C. P.; FILHO, W. P. Influência do uso e cobertura da terra aliado à precipitação pluviométrica na qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Ingaí-RS/ Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 32, p. 143-152, 2016.

DORFMAN, R. O papel do estado na gestão dos recursos hídricos. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro, 27, p. 19-27, 1993.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro/RJ: Interciência/Finep.1998.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011.

ESTEVES, F. A.; AMADO, A. M. Nitrogênio. Cap. 13. In: ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011.

ESTEVEES, F. A.; FURTADO, A. L. S. Oxigênio Dissolvido. Cap. 10. In: ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011.

ENSIGN, S. H.; DOYLE, M. W. Nutrient spiraling in streams and river networks. **Journal of Geophysical Research**, v. 111, 2006.

FIGUR, C.; REIS, J. T. A influência do uso e cobertura da terra nos parâmetros da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Abaúna, em Getúlio Vargas, RS. **Ciência e Natura**, v.39 n.2, p. 352 – 365, 2017.

FILHO, F. J. P.; MOURA, M. C. S.; MARINS, R. V. Fracionamento Geoquímico do Fósforo em Água e Sedimentos do Rio Corrente, Bacia hidrográfica do Parnaíba/PI. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 6, p. 623-640, 2012.

FILHO, F. C. M. M.; COSTA, A. R. Sistemática de cálculo para o dimensionamento de galerias de águas pluviais: uma abordagem alternativa. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, n. 4, p. 12-22, 2012.

FILHO, D. B. F.; SILVA-JÚNIOR, J. A. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Revista Opinião Pública**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 160-185, 2010.

FIORUCCI, A. R.; FILHO, E. B. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova Escola**, São Paulo, n. 22, 2005.

FERNANDES, M. R.; RIZK, M. C.; MENEZES, G. O.; ARAUJO, R. R. Avaliação da qualidade de corpos d' água do Pontal do Paranapanema – São Paulo – Brasil. In: I Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e XXXIV Semana de Geografia da Universidade Estadual de Londrina, 2018, Londrina-PR. **Anais do I Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e XXXIV Semana de Geografia da Universidade Estadual de Londrina**. Londrina, 2018. p. 323-336.

FERNANDES, M. R.; ARAUJO, R. R.; RIZK, M. C.; SANTOS, A. A.; ROCHA, P. C. Análise limnológica e a expansão da cana-de-açúcar em uma sub-bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, Piquerobi/SP. In: IX Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente – SNCMA – III CIPEEX, 2018, Anápolis-GO. **III CIPEEX – Ciência para a redução das desigualdades**. Anápolis: Revista eletrônica, 2019. p. 08-18.

FERRARI LEITE, J. **A ocupação do Pontal do Paranapanema**. São Paulo: Editora Hucitec, 202 p., 1998.

FOLLMANN, F. M.; FOLETO, E. M. Importância das áreas com vegetação na área de conservação natural do Aquífero arenito basal Santa Maria, Santa Maria, RS. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 33, n. 1, p. 47-61, 2013.

FRANCA, R. M.; GOMES, M. C. R.; SILVA, F. J. A.; LIMA, M. G. S.; FRISCHKORN, H. Análise multivariada dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas em Juazeiro do Norte – CE (Brasil). **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 106-113, 2018.

FREIRE, R. B. **Priorização de áreas para restauração ecológica na UGRHI 22 - Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, 2017.

GASPARINI, K. A. C.; LYRA, G. B.; FRANCELINO, M. R.; DELGADO, R. C.; OLIVEIRA-JUNIOR, J. F.; FACCO, A. G. Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas na Identificação de Conflitos do Uso da Terra em Seropédica-RJ. **Floresta e Ambiente**, p. 1-11, 2013.

GASTALDINI, M. do. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. **Conceitos para a avaliação da qualidade da água**. Porto Alegre: ABRH, 2001.

GARDIMAN-JUNIOR, B. S. Caracterização do processo de poluição das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 9, n. 3, p. 235-242, 2015.

GAUCH, H. G. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 298, 1994.

GONÇALVES, F. **Interações entre o ambiente físico, uso e cobertura da terra e as características físicas e químicas no canal fluvial: a bacia hidrográfica do Rio Santo Anastácio, Oeste Paulista (dez. 2009 – dez. 2010)**. Dissertação de Mestrado (Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, Presidente Prudente, 2011.

GONÇALVES, F., ROCHA, P. C., FERREIRA, C. C. **Uso e ocupação da terra e suas influências em parâmetros químicos e físicos da água da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, Oeste Paulista**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Curitiba, 2011, p. 1248-1255.

GUIMARÃES, A. G.; PRADO, F. S.; SANTOS, G. O.; DINIZ, R. G.; MARASCA, I.; MAIA, C. H. Qualidade da água e potencial de assoreamento em represas com influência de diferentes usos do solo. **Científic@ Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 3, p. 125 – 139, 2018.

HAIR, Jr; BLACK, W. C; BABIN, B. J; ANDERSON, R. E e TATHAM, R. L. **Multivariate Data Analysis**. 6ª edição. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006.

HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNANDEZ, J. M.; FERNANDEZ, L. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis. **Water Research**, v. 34, n. 3, p. 807-816, 2000.

HESPAÑHOL, K. M. H. **Monitoramento e diagnóstico da qualidade da água do Ribeirão Morangueiro**. 2009. Dissertação (Engenharia Urbana). Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, 2009.

HORTA, I. M. F. **Levantamento dos solos e ocupação da superfície do município de Nazareno, MG**. 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras-MG, 2006.

IBGE. Dracena: região sudeste do Brasil. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 1 carta topográfica, color., 2794 × 2557 pixels, 1,51 MB, jpeg. Escala 1:250.000. Projeção UTM. Datum horizontal: marégrafo Imbituba, SC, Datum vertical: Córrego Alegre, MG. Folha SF-22-V-D, MI 473. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/>. Acesso em: 04. maio. 2020.

_____. Loanda: região centro-oeste; sudeste; sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1985. 1 carta topográfica, color., 4195 × 3750 pixels, 4,63 MB, jpeg. Escala 1:250.000. Projeção UTM. Datum horizontal: marégrafo Imbituba, SC, Datum vertical: Córrego Alegre, MG. Folha SF-22-Y-A, MI 484. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/>. Acesso em: 04. maio 2020.

_____. Marília: região sudeste do Brasil. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 1 carta topográfica, color., 4088 × 3815 pixels, 3,27 MB, jpeg. Escala 1:250.000. Projeção UTM. Datum horizontal: marégrafo Imbituba, SC, Datum vertical: Córrego Alegre, MG. Folha SF-22-Z-A, MI 486. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/>. Acesso em: 04. maio. 2020.

_____. Presidente Prudente: região sudeste do Brasil. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 1 carta topográfica, color., 4292 × 3751 pixels, 7,66 MB, jpeg. Escala 1:250.000. Projeção UTM. Datum horizontal: marégrafo Imbituba, SC, Datum vertical: Córrego Alegre, MG. Folha SF-22-Y-B, MI 485. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/>. Acesso em: 04. maio. 2020.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Catálogo de Imagens (Landsat 8)**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 18 jul. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da terra**. Manuais Técnicos em Geociências, n. 7. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

JACKSON, D. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of euristical and statistical approaches. **Ecology**, v. 74, p. 2204-2214, 1993.

JARDIM, B. F. M. **Variação dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais da Bacia do Rio das Velhas-MG e sua associação com as florações de cianobactérias**. Dissertação (Mestrado Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 113 p., 2011.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. **The flood pulse concept in river-flood plain systems**. Canadian Journal of Fishers and Aquatic, 106, p. 110-127, 1989.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K (Ed.). **Methods of seawater analysis**. New York: Verlag Chemie Weinheim, p. 117-181, 1976.

KOSTEN, S.; HUSZAR, V. L. M.; MAZZEO, N.; SCHEFFER, M.; STERNBERG, L. S. L.; JEPPESEN, E. Lake and watershed characteristics rather tha climate influence nutrient limitation in shallow lakes. **Ecological Applications**, 19, p. 1791-1804, 2009.

KRAMER, G.; PEREIRA FILHO, W. Avaliação espaço-temporal das relações entre ecossistemas terrestre e aquático: estudo de caso da bacia da UHE Passo Real da região sul do Brasil. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 15., 2011, Curitiba/PR. Anais SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Curitiba/PR: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 4185 – 4193, 2011.

LEAL, A.C. **Gestão das águas no Pontal do Paranapanema- São Paulo**. Tese (Doutorado Geociências). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, 2000.

LEITE, J. F. **A ocupação do Pontal do Paranapanema**. São Paulo: Editora Hucitec, 202 p., 1998.

LEIVAS, J. F.; RIBEIRO, G. G.; SOUZA, M. B.; FILHO, J. R. Análise comparativa entre dados de precipitação estimados via satélite TRMM e dados observados de superfície em Manaus In: **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Natal. 2009, p. 1611-1616.

LI, S.; GU, S.; TAN, X.; ZHANG, Q. Water quality in the upper Han River basin, China: the impacts of land use/land cover in riparian buffer zone. **Journal of Hazardous Materials**, v. 165, p. 317-324, 2009.

LIMA, J. L. M. P. de; LIMA, M. I. P. de; RODRIGUES, R. Hidrologia. In: FEIO, M. J.; FERREIRA, V. (Org). **Rios de Portugal: comunidades, processos e alterações**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2019, p. 29-48.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Universidade de São Paulo (USP), 2 ed. Piracicaba, 2008.

MACHADO, E. S.; KNAPIK, H. G.; BITENCOURT, C. C. A. Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos d'água. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v.24, n.2, p. 261-269, 2019.

MACKERETH, F. Y. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. Water analysis: some revised methods for limnologists. Inglaterra: **Biological Association**, 1978.

MARGALEF, R. **Limnología**. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, p. 1010, 1983.

MARQUES, M. N., COTRIM, M. B., PIRES, M. A. F. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, São Paulo. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1171-1178, 2007.

MATTHIENSEN, A. Poluição e eutrofização de águas interiores. In: SIQUEIRA, G., SILVA, J. D. (Org.). **12 feridas ambientais do planeta**. Florianópolis: HB Editora, 2017. p. 50-51.

MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 5 n.1, p.11-18, 2004.

MATTHIENSEN, A.; KLOCK, A. L. S.; BEDENDO, G. C.; MARTINI, R. **Monitoramento e Diagnóstico de Qualidade de Água Superficial**. Programa de Capacitação em Gestão da Água, Projeto TSGA – Tecnologias Sociais para a Gestão da Água. Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC, Florianópolis, SC, pp. 107-116, 2014.

MEDEIROS, P. R. P.; SEGUNDO, G. H. C.; MAGALHÃES, E. M. M. Comportamento da turbidez e material em suspensão, em um rio com vazão regularizada por sistema de barragens em cascata: Rio São Francisco (NE, Brasil). **Geochimica Brasiliensis**, 29, p. 35-44, 2015.

MELLANBY, K. **Biología de lapolución**. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 1977.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n.3, p. 519-534, 2016.

MISERENDINO, M. L.; CASAUX, R.; ARCHANGELSKY, M.; DI PRINZIO, C.Y.; BRAND, C.; KUTSCHER, A. M. Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems and biodiversity in Patagonian northwest streams. **Science of the Total Environment**, 409, p. 612–624, 2011.

MONTGOMERY, D. R. Process Domains and the River Continuum. **Journal of the American Water Resources Association**, v.35, n.2, p.397-410, 1999.

MONTEIRO, C. A. de F. A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo. **IGEOG/USP**, São Paulo, p. 129, 1973.

MOURA, L. H. A., BOAVENTURA, G. R., PINELLI, M. P. A qualidade da água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama – Distrito Federal. **Química Nova**, p. 97 – 103, 2010.

MOURA, P. F de; FUSO, R. S.; ARAÚJO, R. R de. Análise limnológica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do córrego da Ilha Grande, Presidente Bernardes-SP. **Colloquium Exactarum**, v. 8, n.4, p.08 –16, 2016.

MONTANHA, F. P.; ASTRAUSKAS, J. P.; KIRNEW, M. D.; NAGASHIMA, J. C. PIMPÃO, C. T. Degradação de ambientes aquáticos por exposição a compostos químicos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, nº. 17, p. 1-12, 2011.

NASA. GIOVANNI. **Série Histórica de Precipitação**. TRMM-3B42-v7, 2018. Disponível em: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>. Acesso: março. de 2019.

NEWBOLD, J. D.; O'NEIL, R. V.; ELWOOD, J. W.; VAN WINKLE, W. Nutrient Spiralling in Streams: Implications for Nutrient Limitation and Invertebrate Activity. **The American Naturalist**, v.120, n.5, p. 628-652, 1982.

ODUM, E. P.; BARRETT, G.W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 5ª ed. 2008.

OLIVEIRA FILHO, E. C., LIMA, J. E. F. W. **Potencial de impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado**. 1ª ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

OLIVEIRA, S.R de. **Avaliação da qualidade da água e da carga de nutrientes do córrego do Cancã, município de São Carlos – SP**. 2003. 161 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B.; ALEXANDRE, D. M. B.; ARRAES, F. D. D. Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2494-2500, 2009.

PASSOS, M. M dos. A paisagem do Pontal do Paranapanema: uma apreensão geofotográfica. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 177-189, 2004.

PEREIRA, B. W. F.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, M. A. M. S.; RIBEIRO, A. M.; FERREIRA, B. M.; RIBEIRO, E. G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 1, n. 2, p. 1-14, 2016.

PEREIRA, G.; SILVA, M. E. S.; MORAES, E. C.; CARDOZO, F. S. Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 3, p. 139-148, 2013.

PETTS, G.; FOSTER, I. Rivers and landscape. **The Athenaeum Press**, 3 ed., New Castle, Great Britain, 1990.

PIMENTA, S. M., LIMA, C. V., RIBEIRO, T. G. Avaliação físico-química da qualidade da água, relação com uso do solo na bacia do ribeirão Santo Antônio. **Revista Processos Químicos**, p. 88-104, 2009.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia hidrográfica do Rio Pardo**. 2013. Tese (Livre Docência) - UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Ourinhos, 2013.

PIROLI, E. L. **Água por uma nova relação**. Editora: Paco Editorial. Jundiaí, 2016. p. 144.

POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M. B.; KARR, J. R.; PRESTEGAARD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPARKS, R. E.; STROMBERG, J. C. The natural flow regime: A paradigm for river conservation and restoration. 1997. **Bio Science**, p. 769-784, 1997.

POLETTI, G. R. **Processo de uso e ocupação do Pontal do Paranapanema-SP: perspectiva das Unidades de Conservação (UCs)**. 2010. TCC (Graduação em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente. 120 f.

POOLE, G. C. Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum. **Fresh water Biology**, v.47, p. 641-660, 2002.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Revista Estudos avançados**, v. 22, n. 63, São Paulo, 2008.

PRADO, R. B. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: Estudo no médio rio Pardo-SP (período de 1985 - 1997)**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, p. 209, 1999.

RICE, S. P.; GREENWOOD, M. T.; JOYCE, C. B. Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organization of macroinvertebrate fauna along the river systems. **Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science**, v.58, p. 824-840, 2001.

RAPOSO, A. A.; BARROS, L. F. P.; JUNIOR, A. P. M. O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do rio maracujá – Quadrilátero Ferrífero/MG. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Viçosa, 2009, p. 01-17.

RICKKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. 6ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 572 p., 2010.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3a ed. São Paulo, Escrituras, 2006.

Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema. **Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema (CBH-PP)**. Ano Base 2018. Disponível em: <http://cbhpp.org/publicacoes-2/>. Acesso em: 22 ago 2019.

RIBEIRO, T. G.; BOAVENTURA, G. R.; CUNHA, L. S.; PIMENTA, S. M. Estudo da qualidade das águas por meio da correlação de parâmetros físico-químicos, bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns. **Geochimica Brasiliensis**, 30 (1), p. 84 – 94, 2016.

RIBEIRO, E. A.; SANDRI, D.; BOÊNO, J. A. Qualidade da água de córrego em função do lançamento de efluente de abate de bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.4, p.425–433, 2013.

ROCHA, R. R. A.; THOMAZ, S. M. Variação temporal de fatores limnológicos em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS – Brasil). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.26, n.3, p. 261-271, 2004.

ROCHA, R. R. A.; ROCHA, P. C. Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. **Revista Tópos**, v.1, n.2, p. 81-112, 2007.

ROCHA, R. R. A. **Limnologia Comparativa e Predativa de Rios e Lagoas da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná (PR/MS – Brasil)**. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Universidade Estadual de Maringá – Maringá. 2003.

RODRÍGUEZ, M. P. **Avaliação da qualidade da água da bacia do alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas**. 2001. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, 2001.

ROMAGNOLI, I.; MANZIONE, R. L. Expansão do agrohidronegócio no Pontal do Paranapanema (UGRHI-22): ocupação da terra pela cultura da cana-de-açúcar entre os anos de 2002 e 2013 x vulnerabilidade de aquíferos. In: XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2016, Campinas. **Anais do XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Campinas, 2016, p. 1-18.

ROSA, P. R. **O desenvolvimento da região do Pontal do Paranapanema no contexto da reestruturação produtiva do capital**. In: ENANPEGE: GEOGRAFIA, CIÊNCIA E POLÍTICA, XII, 2017, Porto Alegre, p. 3364-3375, 2017.

SALAMENE, S. Estratificação e Caracterização Ambiental da Área de Preservação Permanente do rio Guandu, RJ. Dissertação de Mestrado. Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2007.

SANTOS, N. B. **Identificação dos fatores críticos da colheita mecanizada de cana-de-açúcar (Saccharumssp.)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SANTOS, A. A. **Estimativa de escoamento superficial no Pontal do Paranapanema-SP e sua relação com a cobertura e uso da terra**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, 2018.

SANTOS, A. A.; ROCHA, P. C. Estimativa de escoamento superficial e sua relação com as mudanças de cobertura e uso da terra no Pontal do Paranapanema/SP. **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia - MG v. 20, n. 71, p. 196–214, 2019.

SANTOS, L. F. F.; GUEDES, I. C.; ETCHEBEHERE, M. L. C. Análise neotectônica do Pontal do Paranapanema (SP) mediante aplicação de parâmetros fluviomorfométricos. **Geociências**, Rio Claro, v. 30, n.4, p. 491-507, 2011.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Meio Ambiente. Fundação Florestal. Instituto Florestal. **Plano de Manejo: Parque Estadual Morro do Diabo**. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/2012/01/morrododiabo.pdf>. Acesso em: 06 de maio de 2020.

SÃO PAULO (Estado). **Lei Estadual Nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994**. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, a ser implantado no período de 1994 e 1995, em conformidade com a Lei 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que institui normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos. São Paulo, p.01-19, 1994.

SILVA, R. S. B., DE SOUSA, A. M. L., SODRÉ, S. S. V., VITORINO, M. I. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 13, n. 2, p. 1-17, 2018.

SILVEIRA, G. V. **Influência do uso da terra nos parâmetros limnológicos da bacia hidrográfica do rio Itu-RS**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Maria – UFMS, Santa Maria, 2014.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F., MACHADO, L. A. T., WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, 38, p.733-742. 2008.

SILVA, R. V.; SOUZA, C. A. Rio Paraguai: ocupação e degradação no perímetro urbano de Cáceres, MT. In: SOUZA, Célia Alves (Org.) Bacia hidrográfica do rio Paraguai, MT: dinâmica das águas, uso e ocupação e degradação ambiental. São Carlos, **Editora Cubo**, 2012.

SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água na irrigação. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.7, n. 3, p. 01 – 15, 2011.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto alegre: ABRH/ editora da UFRGS, 1997, p. 35-51.

SOARES, A. S. D.; PAZ, A. R.; PICCILLI, D. G. A. Avaliação das estimativas do satélite TRMM no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n.2, p. 288-299, 2016.

SOUZA, A. S.; FURRIER, M.; VALADARES, D. N.; NÓBREGA, W. R.; SANTOS, A. D. G. A geomorfologia: uma reflexão conceitual. **Cadernos do Logepa**, v. 8, n. 1-2, p. 37-53, 2013.

SOUZA, A. D. G.; TUNDISI, J. G. Water Quality in watershed of the Jaboatão river (Pernambuco, Brazil): a case study. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba (PR), v. 46, n.4, p. 709-719, 2003.

SOUZA, W. F. L.; KNOPPERS, B. A. Fluxos de água e sedimentos a costa Leste do Brasil: relações entre a tipologia e as pressões antrópicas. **Revista Geochimica Brasiliensis**, v. 17, n.1, p. 57-74, 2003.

SOUZA, A., BERTOSSI, A. P. A., LASTORIA, G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira, Campo Grande, MS. **Revista Agro@mbiente Online**, Boa Vista, v. 9, n. 3, p. 227-234, 2015.

SMITH, V. H.; JOYE, S. B.; HOWARTH, R. W. Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. **Limnology Oceanography**, 51, p. 351-355, 2006.

SUGUIO, K. **Água**. Editora: Holos, Ribeirão Preto. 242 p. 2006.

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. D.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012.

TEIXEIRA, E. C.; SENHORELO, A. P. Avaliação de correlação entre turbidez e concentração de sólidos suspensos em bacias hidrográficas com uso e ocupação diferenciada. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017. **Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2017, p. 01-05.

TOPODATA. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 22 jun. 2019.

TORRES, E. C; SILVA JUNIOR, F. Pontal do Paranapanema: um olhar por meio de trabalho de campo. **Geografia (Londrina)**, v. 19, n. 1, 2010.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre. 2009.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, 22 (63), p. 97-112, 2008.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Ministério do Meio Ambiente / SQA. Brasília: MMA, 2006.

TUNDISI, J. G. **Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado**. **Revista Ciência e Cultura**, v.55, n.4, pp. 31-33, 2003.

TUNDISI, J. G., MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

THOMS, M. C.; SOUTHWELL, M.; MCGIMENES, H. M. Floodplain–river ecosystems: Fragmentation and water resources development. **Geomorphology**, 71, p. 126– 138, 2005.

TRAN, C. P.; BODE, R. W.; SMITH, A. J.; KLEPPEL, G. S. Land-use proximity as a basis for assessing stream water quality in New York State (USA). **Ecological Indicators**, v. 10, p.727-733, 2010.

TRINDADE, A. L. C. **Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do Rio São Francisco**. 2013. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte, 2013.

TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. B.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.1, p. 12-24, 2017.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. **Eclética Química**, São Paulo, vol. 22, 1997.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**. 37(1), p. 130-137, 1980.

VARGAS, C. M.; ROMERO, E. L. G. Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. **Revista Tecnología em Marcha**. 19, 37-41, 2006.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. **Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal**. In: Assad, E. D; Sano, E.E. Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura. 2 ed., Brasília: Embrapa - SPI/ Embrapa - CPAC, 1998. p. 351-371.

VICTOR, M. A. M.; CAVALLI, A. C.; GUILLAUMON, J. R.; FILHO, R. S. **Cem anos de devastação: revisitada 30 anos depois**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

VILAÇA, M. F.; GOMES, I.; MACHADO, M. L.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: o estudo de caso do ribeirão conquista no município de Itaguara – MG**. In: XIII Simpósio Brasileiro De Geografia Física Aplicada. Universidade Federal de Viçosa, 2009. Anais do XIII Simpósio Brasileiro De Geografia Física Aplicada. Viçosa, 2009.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), 2005.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 1ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), 2007.

WANG, F. K.; DU, T. C. T. Using principal component analysis in process performance for multivariate data. **Omega The International Journal of Management Science**, 28, p. 185-194, 2000.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept in lotic ecosystems. In: FONTAINE, T. D.; BARTHELL, S. M., eds. Dynamics of Lotic Ecosystems. **Ann Arbor Science Publishers**, Ann Arbor, Michigan, 347-356, 1983.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The seiral discontinuity concept extending the model to floodplain rivers. **Regulated Rivers**, 11, p. 10, 1995.

WARD, J.V. The Four Dimensional Natures of Lotic Ecosystems. **Journal of the North American Benthological Society**, 8:2-8, 1989.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological Analysis**. 2th edition. New York: Spring Verlag, 1991.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. California: Academic Press, 2001.

ZAKIA, M. J. B. **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas**. Tese (Doutorado Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.

APÊNDICE – DADOS BRUTOS LIMNOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS

Seção 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Bonito

<i>Data</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> (mg/l)	<i>Temp.</i> <i>água</i> (°C)	<i>CE</i> (μS/cm)	<i>TB</i> (NTU)	<i>Q</i> (m³/s)	<i>MST</i> (mg/l)	<i>MI</i> (mg/l)	<i>MO</i> (mg/l)	<i>NH₄⁺</i> (μg/L)	<i>PT</i> (μg/L)
<i>Fev/18</i>	6,63	6,62	25,7	20	18,79	2,52	6,8	2,11	4,69	118,9	27,14
<i>Nov/18</i>	6,69	3,95	24,9	19,92	12,9	3,65	3,7	0,85	2,84	42	25,5

Seção 2 - Bacia Hidrográfica do Rio da Estação

<i>Data</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> (mg/l)	<i>Temp.</i> <i>água</i> (°C)	<i>CE</i> (μS/cm)	<i>TB</i> (NTU)	<i>Q</i> (m³/s)	<i>MST</i> (mg/l)	<i>MI</i> (mg/l)	<i>MO</i> (mg/l)	<i>NH₄⁺</i> (μg/L)	<i>PT</i> (μg/L)
<i>Fev/18</i>	6,5	7,06	26,4	14	14,82	1,20	5,3	2,15	3,15	12,9	17,85
<i>Nov/18</i>	6,71	3,93	25,7	15,98	15,4	1,48	4,6	1,44	3,16	31,16	10,5

Seção 3 - Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cuiabá

<i>Data</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> (mg/l)	<i>Temp.</i> <i>água</i> (°C)	<i>CE</i> (μS/cm)	<i>TB</i> (NTU)	<i>Q</i> (m³/s)	<i>MST</i> (mg/l)	<i>MI</i> (mg/l)	<i>MO</i> (mg/l)	<i>NH₄⁺</i> (μg/L)	<i>PT</i> (μg/L)
<i>Fev/18</i>	6,38	6,37	28,4	23,1	17,95	6,90	4,4	1,29	3,11	0	29,28
<i>Nov/18</i>	6,71	3,48	28,9	18,63	13,3	5,44	3,4	0,85	2,55	47,83	21,33

Seção 4 - Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cuiabá

<i>Data</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> (mg/l)	<i>Temp.</i> <i>água</i> (°C)	<i>CE</i> (μS/cm)	<i>TB</i> (NTU)	<i>Q</i> (m³/s)	<i>MST</i> (mg/l)	<i>MI</i> (mg/l)	<i>MO</i> (mg/l)	<i>NH₄⁺</i> (μg/L)	<i>PT</i> (μg/L)
<i>Fev/18</i>	6,47	6,55	26,2	10,8	18,86	0,30	3,2	0,91	2,29	0	11,42
<i>Nov/18</i>	6,90	3,81	24,3	19,14	8,71	0,41	3,9	1,15	2,75	13,66	0

Seção 5 - Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vai-e-Vem

<i>Data</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> (mg/l)	<i>Temp.</i> <i>água</i> (°C)	<i>CE</i> (μS/cm)	<i>TB</i> (NTU)	<i>Q</i> (m³/s)	<i>MST</i> (mg/l)	<i>MI</i> (mg/l)	<i>MO</i> (mg/l)	<i>NH₄⁺</i> (μg/L)	<i>PT</i> (μg/L)
<i>Fev/18</i>	5,96	7,28	28	18,9	158	0,24	35,9	14,52	21,38	554,9	271,42
<i>Nov/18</i>	6,68	5,62	26	125	60,9	0,40	28,8	11,45	17,35	1361,32	233

Seção 6 - Bacia Hidrográfica do Rio Pirapozinho

<i>Data</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> (mg/l)	<i>Temp.</i> <i>água</i> (°C)	<i>CE</i> (μS/cm)	<i>TB</i> (NTU)	<i>Q</i> (m³/s)	<i>MST</i> (mg/l)	<i>MI</i> (mg/l)	<i>MO</i> (mg/l)	<i>NH₄⁺</i> (μg/L)	<i>PT</i> (μg/L)
Fev/18	6,38	6,55	26,6	43,5	41,97	12,98	8,2	2	6,2	0	65,71
Nov/18	7,2	3,93	24,8	338,9	36,5	11,23	25,4	10	15,4	694,5	43,83

Seção 7 - Bacia Hidrográfica do Córrego da Areia Branca

<i>Data</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> (mg/l)	<i>Temp.</i> <i>água</i> (°C)	<i>CE</i> (μS/cm)	<i>TB</i> (NTU)	<i>Q</i> (m³/s)	<i>MST</i> (mg/l)	<i>MI</i> (mg/l)	<i>MO</i> (mg/l)	<i>NH₄⁺</i> (μg/L)	<i>PT</i> (μg/L)
Fev/18	6,09	4,74	25,2	108	28,72	0,10	58,33	11,34	47	6,4	60
Nov/18	6,32	3,55	26,4	30,29	17,9	0,07	11,9	4,1	7,8	35,33	10,5

Seção 8 - Bacia Hidrográfica do Córrego da Areia Branca

<i>Data</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> (mg/l)	<i>Temp.</i> <i>água</i> (°C)	<i>CE</i> (μS/cm)	<i>TB</i> (NTU)	<i>Q</i> (m³/s)	<i>MST</i> (mg/l)	<i>MI</i> (mg/l)	<i>MO</i> (mg/l)	<i>NH₄⁺</i> (μg/L)	<i>PT</i> (μg/L)
Fev/18	6,5	5,73	26,1	12	27,85	1,74	2,56	1,65	0,91	0	17,85
Nov/18	6,41	4,33	26,5	30,51	16	1,76	8,5	2,95	5,55	85,33	0

Seção 9 - Bacia Hidrográfica do Córrego da Cascata

<i>Data</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> (mg/l)	<i>Temp.</i> <i>água</i> (°C)	<i>CE</i> (μS/cm)	<i>TB</i> (NTU)	<i>Q</i> (m³/s)	<i>MST</i> (mg/l)	<i>MI</i> (mg/l)	<i>MO</i> (mg/l)	<i>NH₄⁺</i> (μg/L)	<i>PT</i> (μg/L)
Fev/18	6,7	6,68	27,9	34,9	37,44	1,31	14,3	5,6	8,7	0	15
Nov/18	6,02	6,48	23,2	34,45	20,8	0,10	10,6	4,06	6,54	42	8

Seção 10 - Bacia Hidrográfica do Córrego do Burrinho

<i>Data</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> (mg/l)	<i>Temp.</i> <i>água</i> (°C)	<i>CE</i> (μS/cm)	<i>TB</i> (NTU)	<i>Q</i> (m³/s)	<i>MST</i> (mg/l)	<i>MI</i> (mg/l)	<i>MO</i> (mg/l)	<i>NH₄⁺</i> (μg/L)	<i>PT</i> (μg/L)
Fev/18	6,91	7,39	26,4	34,6	20,47	0,11	9,4	2,7	6,7	0	17,14
Nov/18	5,66	6,42	22,3	18,91	17,7	0,24	12,3	4,3	8	27,83	28,83