

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA EM VARIÁVEIS
LIMNOLÓGICAS NO RIO SOTURNO, RIO GRANDE
DO SUL-BRASIL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Edison Antonio Alberti

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA EM VARIÁVEIS
LIMNOLÓGICAS NO RIO SOTURNO, RIO GRANDE DO
SUL-BRASIL**

Edison Antonio Alberti

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de Concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), com requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geografia.**

Orientador: Prof. Dr. Waterloo Pereira Filho

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Alberti, Edison Antonio

Influência do uso da terra em variáveis limnológicas no rio Soturno, Rio Grande do Sul-Brasil / Edison Antonio Alberti.-2015.

100 p.; 30cm

Orientador: Waterloo Pereira Filho

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2015

1. Bacia Hidrográfica 2. Uso da Terra 3. Limnologia
4. Sensoriamento Remoto I. Pereira Filho, Waterloo II.
Título.

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM.

Dados fornecidos pelo autor.

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Edison Antonio Alberti. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: edisonalberti@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Geografia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA EM VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS
NO RIO SOTURNO, RIO GRANDE DO SUL-BRASIL**

elaborada por
Edison Antonio Alberti

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Waterloo Pereira Filho, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Roberto Cassol, Dr. (UFSM)

Flávio Wachholz, Dr. (UEA)

Santa Maria, 17 de julho de 2015.

AGRADECIMENTOS

Ao término de mais uma etapa de minha vida, faz-se necessário agradecer àquelas pessoas que de uma forma ou de outra me ajudaram e me apoiaram.

Agradeço imensamente a toda a minha família, especialmente aos meus pais, Renato e Teresinha, pelo apoio e ensinamentos de honestidade, respeito, compreensão, ética e de perseverança, pois esses valores foram essenciais para vencer com dignidade mais essa etapa.

Agradeço ao professor orientador Dr. Waterloo Pereira Filho, pela confiança depositada, compreensão, incentivo, paciência e oportunidade de sua orientação.

Aos professores: Dr. Roberto Cassol, Dr. Flávio Wachholz e Dr. Fábio Marcelo Breunig pela leitura e contribuições a este trabalho.

Agradeço ao Governo do Estado de Santa Catarina e a Direção do Centro de Educação Profissional Hermann Hering, pela concessão de licença das minhas funções para a possibilidade de adquirir mais conhecimento.

A coordenação do Programa de Pós-graduação em Geografia pelo apoio para a realização das atividades de campo.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos meus colegas do Laboratório de Geotecnologias Makele, Felipe, Diego, Eliege, Gloria, Francieli, Janderlei, Eduardo, Joceli, Wiliam, Gustavo pelo companheirismo e ajudas frequentes.

Agradeço a todos aqueles que, de uma maneira ou outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Universidade Federal de Santa Maria

INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA EM VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS NO RIO SOTURNO, RIO GRANDE DO SUL-BRASIL

AUTOR: EDISON ANTONIO ALBERTI

ORIENTADOR: WATERLOO PEREIRA FILHO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 17 de julho de 2015.

A Bacia Hidrográfica do Rio Soturno – BHRS está localizada no centro do estado do Rio Grande do Sul, e abrange uma área total de 987,18 km². Os objetivos da pesquisa compreenderam a interpretação, análise e a relação do uso e cobertura da terra, em distintos períodos do ano, com dados limnológicos. A metodologia consiste na aquisição de dados do uso da terra com atenção voltada para duas fases distintas do calendário agrícola, ou seja, uma no período de entressafra, que corresponde a estação de inverno, e a outra no período de crescimento e desenvolvimento fenológico das lavouras, que corresponde a estação do verão. As imagens OLI (*Operational Land Imager*) da plataforma Landsat-8, composição RGB432, foram utilizadas para identificar os tipos de uso da terra. As classes do uso da terra obtidos foram: agricultura, campo, floresta, água, áreas urbanas e sombra. Já as variáveis limnológicas foram: temperatura da água, temperatura do ar, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, total de sólidos em suspensão, turbidez e transparência da água. As variáveis limnológicas foram medidas em dois grupos amostrais distintos: primeiro período em 15 de junho de 2014 a 30 de novembro de 2014, nessa modalidade foram realizadas coletas semanais, totalizando 25 coletas em um único ponto; a segunda no dia 14 de novembro, em 12 pontos amostrais, e distribuído ao longo de toda a bacia hidrográfica. Com estas informações organizou-se banco de dados considerando as variáveis do uso da terra na perspectiva da ação do homem sobre esse espaço e, as variáveis limnológicas na perspectiva de um sistema de fluxo longitudinal, aberto e contínuo. Deste modo, avaliou-se a influência e a correlação dos diferentes usos da terra nos ambientes aquáticos, e, se ao longo do ano, as fases das atividades agrícolas proporcionam respostas diferenciadas na qualidade da água. Na classificação das imagens de satélite destacara-se as classes agricultura e campo. Na classe agricultura destaca-se a redução de 86,46% da área plantada na estação do verão comparado ao inverno. A classe campo aconteceu o inverso, ou seja, o aumento de 234,15% dessa área na estação do inverno. A classe floresta destaca-se por ocupar uma área aproximadamente 35% do total da bacia hidrográfica, com destaque para o Rebordo do Planalto. Dentre as variáveis limnológicas abordadas neste trabalho, destacaram-se a transparência da água com variação de 8 cm a 145 cm, a turbidez com variação de 4,68 até 492,00 UNT (Unidades Nefelométrica de Turbidez), o TSS (Total de Sólidos em Suspensão) oscilou de 3,33 mg/L até 334,00 mg/L. Constatou-se que os usos e cobertura da terra na área em estudo são predominantemente rurais, com destaque para o cultivo da soja e milho no Planalto e do arroz na Depressão. Diante dos resultados a importância do trabalho reside na aquisição de conhecimento e a geração de dados sobre como esses recursos hídricos respondem a ação antrópica, tendo em vista que esses conhecimentos contribuam para a manutenção da qualidade da água dessa bacia hidrográfica, bem como, compreender os processos que ocorrem nestes ambientes.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica. Uso da Terra. Limnologia. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

Master's Thesis
Geography Graduate Program
Federal University of Santa Maria

INFLUENCE OF LAND USE ON LIMNOLOGICAL VARIABLES ON SOTURNO RIVER, RIO GRANDE DO SUL-BRAZIL

AUTHOR: EDISON ANTONIO ALBERTI

MENTOR: WATERLOO PEREIRA FILHO

Date and Place of Defense: Santa Maria, July 17 of 2015

The watershed of Soturno River is located in the center of the state of Rio Grande do Sul, and covers a total area of 987.18 km². The objectives of this research were the interpretation, analysis and the relation of land use and coverage, in different periods of the year, through limnological data. The methodology consists in the acquisition of land use data focused on two distinct phases of the agricultural calendar, that is, one in the period between harvests, which corresponds to winter, and the other in the period of growth and phenological development of the crops, which corresponds to summer. The OLI images (*Operational Land Imager*) of the Landsat-8 platform, composition RGB432, were used to identify the types of land use. The classes of land use that resulted were: agriculture, field, forest, water, urban areas and shadow. The limnological variables were: water temperature, air temperature, hydrogen potential, electric conductivity, total of solids in suspension, turbidity and water transparency. The limnological variables were measured in two different sample groups: the first period from June 15, 2014 to November 30, 2014, in this modality, weekly samples were collected, in a total of 25 collections in a single point; the second on November 14, in 12 sample points, and distributed throughout the whole watershed. In possession of these information, a database considering the land use variables on the perspective of human action on this space was organized and the limnological variables on the perspective of a system of longitudinal, open and continuous flow. Thereby, the influence and the correlation of different land uses on aquatic environments were evaluated and, if throughout the year, the phases of agricultural activity provided different responses on the quality of water. In the classification of satellite images, the classes of field and agriculture out stood. In the agricultural class, it is evident the reduction of 86.46% of planted area in the summer season when compared to winter. The class field showed the opposite behavior, that is, an increase of 234.15% of this area in winter season. The forest class out stands because it occupies an area of approximately 35% of the total of the watershed, with an emphasis on the edge of the Plateau. Among the limnological variables presented in the work, it should be pointed out the water transparency with a variation from 8 cm to 145 cm, the turbidity with a variation of 4.68 to 492.00 NTU (Nephelometric Turbidity Units), the TSS (Total Suspended Solids) ranged from 3.33 mg/L to 334.00 mg/L. It has been evident that the uses and land coverage on the area of study are mainly rural, drawing attention to soy and corn cultivation in the Highlands and rice in the Lowlands. Facing the results, the importance of this work lies on the acquisition of knowledge and the creation of data about how these water resources respond to anthropic action, knowing that these findings contribute to the maintenance of the quality of water of these watershed, as well as comprehending the processes the happen in these environments.

Key-words: Watershed. Land Use. Limnology. Remote Sensing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Soturno, Brasil/RS	16
Figura 2 – Mosaico de fotografias dos cenários encontrados na área de estudo	18
Figura 3 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos para o desenvolvimento da pesquisa	46
Figura 4 – Mapa dos compartimentos geomorfológicos e distribuição das estações amostrais na Bacia Hidrográfica do Rio Soturno – RS	48
Figura 5 – Pontos amostrais localizados no Planalto Meridional e início do Rebordo	49
Figura 6 – Pontos localizados no Rebordo do Planalto Meridional	50
Figura 7 – Pontos localizados na Depressão Central ou Periférica	51
Figura 8 – Mosaico de fotografias dos equipamentos utilizados para obtenção dos dados das variáveis limnológicas	53
Figura 9 – Mapa de uso da terra dia 28 de janeiro de 2014 (verão)	64
Figura 10 – Mapa de uso da terra dia 09 de setembro de 2014 (inverno)	65
Figura 11 – Precipitação pluviométrica nos meses de coleta de água e sinalização dos dias em que foram realizados os trabalhos de campo	70
Figura 12 – Gráfico demonstrativo da variação da temperatura do ar e da temperatura da água superficial durante o período de coleta	71
Figura 13 – Gráfico da variação do potencial hidrogeniônico	73
Figura 14 – Gráfico dos valores da condutividade elétrica e precipitação pluviométrica	74
Figura 15 – Gráfico da variação da transparência e precipitação pluviométrica	75
Figura 16 – Gráfico do total de sólidos em suspensão e precipitação	76
Figura 17 – Gráfico da variação da turbidez e do TSS	77
Figura 18 – Diagrama de dispersão entre as variáveis limnológicas	79
Figura 19 – Gráfico da representação da temperatura da água e da temperatura do ar	82
Figura 20 – Gráfico da representação da transparência da água	83
Figura 21 – Gráfico da representação da turbidez da água	84
Figura 22 – Gráfico da representação da condutividade elétrica e do pH	85
Figura 23 – Gráfico da representação do total de sólidos em suspensão	86
Figura 24 – Diagrama de dispersão entre as variáveis limnológicas do trabalho de campo do dia 14-11-2014	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de população, medidas da área e percentagem dos municípios que fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Soturno	17
Tabela 2 – Avaliação qualitativa do grau de correlação entre duas variáveis	44
Tabela 3 – Quantificação do uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Soturno	61
Tabela 4 – Comparativo entre levantamentos pluviométricos	69
Tabela 5 – Matriz de correlação entre as variáveis limnológicas	78
Tabela 6 – Matriz de correlação entre as variáveis limnológicas do trabalho de campo dia 14-11-2014	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de solos presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Soturno	21
Quadro 2 – Dados das variáveis limnológicas no ponto localizado na ponte sobre o rio Soturno na divisa entre os municípios de São João do Polêsine e Faxinal do Soturno	62
Quadro 3 – Dados de chuva durante os meses de coleta de água	68
Quadro 4 – Dados de campo do dia 14-11-2014 coletados em 12 pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Soturno	81

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

°C – graus Celsius
μS – microsiemens
cm – centímetro
g – grama
ha – hectare
Km – quilômetro
km² – quilômetro quadrado
L – litro
m – metro
mg – miligrama
mg/L – miligrama por Litro
mm – milímetro
 P_{i_g} – Peso inicial em grama
 P_{f_g} – Peso final em grama
 t_{cal} – t calculado
 t_{tab} – t tabelado
 r – Correlação (linear) de *Pearson*
 V – volume
 Σ – somatório
APHA – *American Public Health Association*
APP – Área de Preservação Permanente
BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
BHRS – Bacia Hidrográfica do Rio Soturno
CE – Condutividade Elétrica
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DISME – Distrito de Meteorologia
DS – Transparência do Disco de Secchi
DSG – Diretoria de Serviço Geográfico do Exército
GPS – *Global Positioning System*
GRIB – *Gridded binary*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto nacional de pesquisas espaciais
LANDSAT – *Land Satellite*
Maxver – Máxima Verossimilhança
OLI – *Operational Land Imager*
OMM – Organização Meteorológica Mundial
pH – Potencial Hidrogeniônico
SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas
TIFF – *Tagged Image File Format*
TM – *Thematic Mapper*
TSS – Total de Sólidos em Suspensão
UNT – Unidades Nefelométrica de Turbidez
USGS – *United States Geological Survey*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Bacia hidrográfica do rio soturno.....	15
1.2 Características gerais da área de estudo	19
1.2.1 Características de solos, geologia e geomorfologia	19
1.2.2 Características climáticas	22
1.2.3 Características florestais	23
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	26
2.1 Importância da bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental	26
2.2 O ciclo hidrológico.....	30
2.3 Uso da terra utilizando dados de sensoriamento remoto.....	30
2.4 Limnologia	34
2.5 As variáveis limnológicas.....	37
2.5.1 Temperatura da água	37
2.5.2 Potencial hidrogeniônico - pH.....	38
2.5.3 Condutividade elétrica - CE	39
2.5.4 Total de sólidos em suspensão - TSS	40
2.5.5 Transparência	41
2.5.6 Turbidez.....	41
2.6 Análise estatística dos dados.....	42
3 METODOLOGIA.....	46
3.1 Trabalho de campo e localização dos pontos amostrais	47
3.2 Materiais empregados.....	52
3.3 Aquisição e processamento de imagem de satélite	54
3.4 Construção do banco de dados georreferenciado.....	56
3.5 Georreferenciamento das cartas topográficas e inserção das imagens de satélite ..	57
3.6 Trabalho de campo e determinação das variáveis limnológicas	58
3.7 Metodologia para determinação do TSS.....	59
3.8 Metodologia para a definição dos compartimentos Geomorfológicos.....	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1 Uso e cobertura da terra	63
4.2 Dados pluviométricos	67
4.3 Temperatura do ar e da água superficial.....	71
4.4 Potencial hidrogeniônico.....	72
4.5 Condutividade elétrica	73
4.6 Transparência.....	74
4.7 Total de sólidos em suspensão	76
4.8 Turbidez	77
4.9 Correlação entre variáveis limnológicas	78
4.10 Dados limnológicos do trabalho de campo do dia 14-11-2014	81
4.10.1 Temperatura da água e temperatura do ar	81
4.10.2 Transparência	83
4.10.3 Turbidez.....	84
4.10.4 Condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico	85
4.10.5 Total de sólidos em suspensão.....	86

4.10.6 Correlações dos dados limnológicos do trabalho de campo do dia 14-11-2014.....	87
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
REFERÊNCIAS	94

1 INTRODUÇÃO

Dentre os problemas ambientais, a demanda crescente pelo uso de recursos hídricos destaca-se como importante aspecto ao suporte da vida humana na Terra. O crescimento da população e a percepção a um suprimento finito de água, especialmente a água doce, nos conduz a pensar em políticas racionais de utilização, que harmonizem desenvolvimento econômico e meio ambiente sustentável (BALARINE, 2000).

Os avanços científicos e tecnológicos surgidos nos últimos quarenta anos têm dado passagem a formas globais de exploração da natureza, originando desequilíbrios que não respeitam fronteiras políticas e geográficas. Não se trata unicamente da superexploração dos recursos naturais, tais como: pastos, solos, vegetação, pesca, mas também incorporação na natureza de dejetos industriais que desestabilizam a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas, gerando destruição adicional a exploração (OLIVIER, 1995).

No Brasil, a complexidade de utilização e a jurisdição sobre os recursos hídricos evoluiu ao longo do tempo, sendo possível delimitar três períodos bem distintos: até os anos 70, enfatizavam-se os aspectos estritamente técnicos, ou seja, aproveitamento hidráulico, obras de engenharia e competência tecnológica; na década de 80, a ênfase são os problemas de engenharia de recursos hídricos e para a elaboração de projetos. No final da década de 90 e início do novo século, parte importante dos esforços deverá incidir sobre o contexto da utilização dos recursos, ou seja, sobre o conjunto de condicionamentos ambientais, econômico-sociais e institucionais (COSTA, 2003).

Os rios do planeta têm sofrido sistematicamente alterações em suas propriedades fundamentais, em especial após a Revolução Industrial, sobretudo de duas formas. As que atuam diretamente, como por exemplo, pela construção de represas, reservatórios, retificação e canalização de cursos d'água, e as que atuam indiretamente, ou seja, pelo uso contínuo e inadequado do solo, assim como pela descarga de grandes quantidades de efluentes orgânicos e inorgânicos, provindos de regiões populosas e ou industrializadas, essas talvez as que provocam os maiores danos aos corpos d'água (SCHWARZBOLD, 2010).

Posto isso, é importante compreender como os mecanismos que determinam a estabilidade funcionam ou, ao contrário, como o sistema de transporte dos sedimentos presentes na água se comporta. Portanto, com esses conhecimentos podemos compreender os fenômenos e escolher a técnica apropriada para contornar ou minimizar os problemas decorrentes das atividades antrópicas (DURLO; SUTILI, 2012).

Segundo Foletto (2013, p. 3) “O uso e a ocupação de áreas que são frágeis aos processos da dinâmica superficial da água promovem impactos ambientais e situações de risco à população”. A partir de uma maior conscientização da sociedade, o meio ambiente de modo geral, passou a ser considerado no planejamento e em projetos econômicos na utilização dos recursos naturais. Neste sentido, a legislação brasileira impõe restrição de uso e determina espaços reservados denominados Áreas de Preservação Permanente (APPs), que devem ser preservados, como: encostas, margem e nascentes de rios.

Durante o ciclo hidrológico, mais especificamente na interfase terrestre, o armazenamento da água no solo, bem como o seu escoamento através da superfície e chegando aos rios podem representar problemas em muitos lugares, como exemplo, limitando a ocupação humana em regiões com baixa pluviosidade, já em outras regiões com alta pluviosidade, podem ser afetados por problemas decorrentes do escoamento das águas, dentre elas temos a erosão laminar e sulcos, deslizamentos, corrosões de barrancos, deposições de materiais em locais indesejáveis (DURLO, 2000).

Nas últimas décadas parcelas significativas da população têm refletido sobre os problemas que o homem tem causado ao meio ambiente. Um problema que tem gerado estudos importantes refere-se aos recursos hídricos, como exemplo podemos citar: “Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas” (RUHOFF, 2004); “Avaliação dos efeitos de atividades antrópicas por meio da análise integrada de variáveis de uso da terra e limnológicas em Itaqui, RS” (BARIANI, 2012); “Influência do uso da terra nos parâmetros limnológicos na bacia hidrográfica do rio Itu – RS” (SILVEIRA, 2014). “Remote sensing analysis of rainstorm effects on sediment concentrations in Apalachicola Bay, USA” (CHEN, et al., 2011)

Segundo Tundisi (2000) uma série de atividades humanas e o acúmulo de usos múltiplos produzem diferentes ameaças e problemas para a disponibilidade de água. Entre as atividades o autor cita: construção de represas; construção de diques e canais; alteração do canal natural dos rios; drenagem de áreas alagadas; desmatamento/uso do solo; poluição não controlada; remoção excessiva de biomassa; introdução de espécies exóticas; poluentes do ar (chuva ácida) e metais pesados; mudanças globais no clima; crescimento da população e padrões gerais do consumo humano.

A qualidade da água, em especial a água doce, parcela mais significativa para o ser humano, tem sofrido intensa deterioração, mesmo sendo um recurso renovável por meio do ciclo hidrológico, tem atuado sobre ela processos poluidores intensos que comprometem uma parcela da água disponível. Frente a esse problema aumenta a preocupação com o

monitoramento da qualidade da água e identificação de pontos críticos com o objetivo de planejar projetos de conservação e gerenciamento de todo tipo de ambiente aquático (SANTOS, 2012).

A bacia hidrográfica é a unidade territorial mais indicada para estudos ambientais quando levado em consideração a água como objeto de estudo, sejam elas de ambiente lótico ou lêntico. Portanto, bacia hidrográfica designa uma área que drena as águas pluviais para um único ponto. A disponibilidade e o gerenciamento destas águas são de extrema importância para os usos múltiplos em todas as atividades humanas.

Mediante o exposto a importância do trabalho reside na possibilidade de colaborar na construção de dados sobre a qualidade da água, e logo, a conservação dos recursos hídricos e de todos os seres vivos. Sendo assim estudos comparativos entre bacias hidrográficas, torna-se uma abordagem importante que constituem uma poderosa ferramenta de análise e compreensão dos processos que ocorrem nestes ambientes (SOUZA; TUNDISI, 2000).

Portanto, o objetivo geral desta pesquisa consiste em analisar as relações entre variáveis de uso e ocupação da terra e limnológicas na bacia hidrográfica do rio Soturno, com o uso do sensoriamento remoto e coleta de dados limnológicos. Os objetivos específicos são: 1º) Identificar por compartimento geomorfológico e em diferentes estações do ano, usos e ocupação da terra utilizando a tecnologia do sensoriamento remoto; 2º) Avaliar as relações entre as variáveis geográficas e limnológicas associadas a dinâmica do desenvolvimento das culturas agrícolas no verão e no inverno; 3º) Correlacionar as variáveis limnológicas conforme cada forma de coleta das amostras de água.

1.1 Bacia hidrográfica do rio soturno

A Bacia Hidrográfica do Rio Soturno – BHRS está localizada no centro do estado do Rio Grande do Sul. As nascentes do rio Soturno localizam-se ao sul da cidade de Júlio de Castilhos e abrange uma área total de 987,18 km², fica compreendida entre as coordenadas geográficas 29°14'07" e 29°41'19" de latitude Sul e 53°41'24" e 53°20'17" de longitude Oeste (Figura 1).

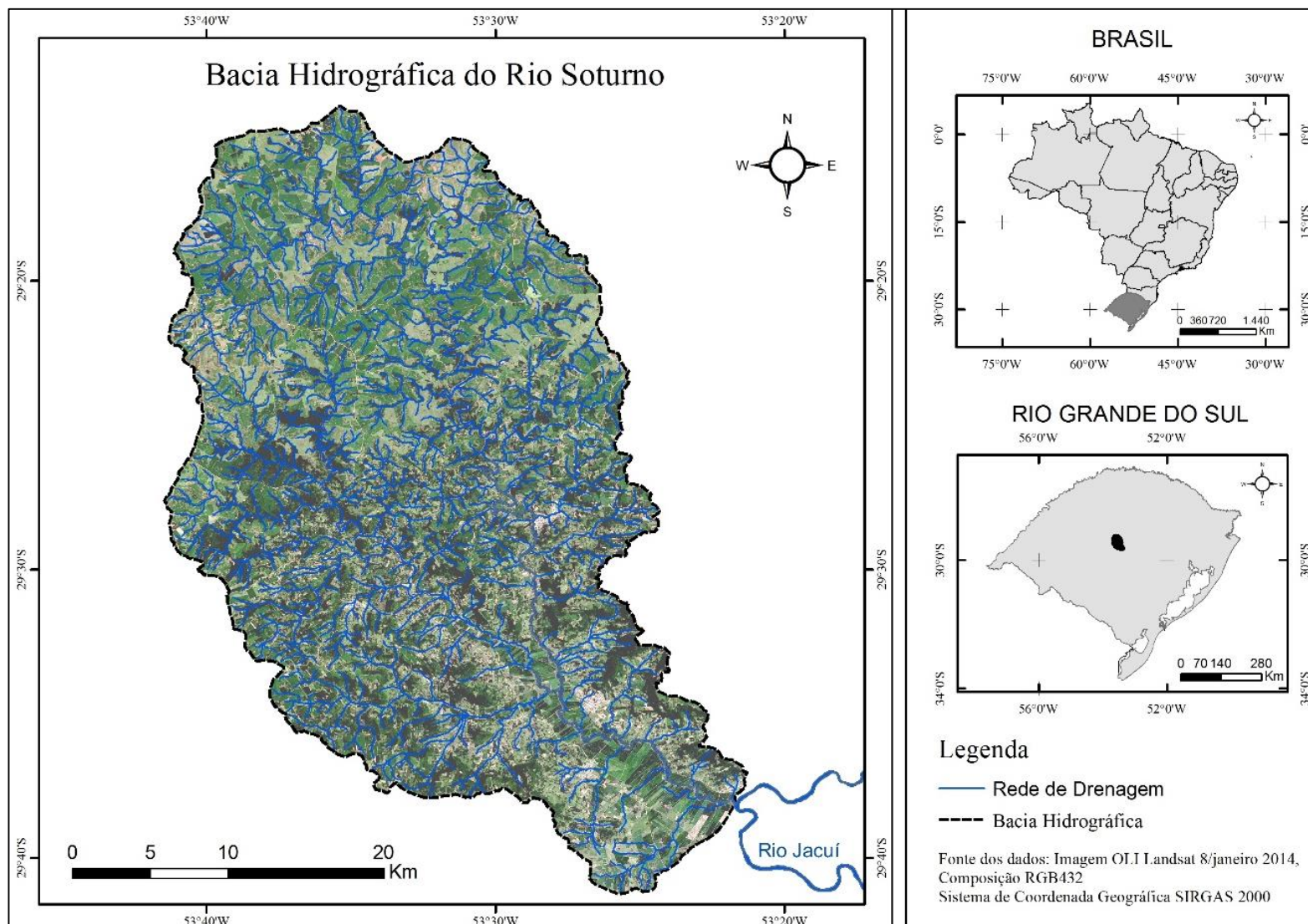


Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Soturno, Brasil/RS

Nesta bacia hidrográfica abrange parte dos municípios de Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Itaara, Ivorá, Júlio de Castilhos, Nova Palma, Pinhal Grande, Restinga Seca, São João do Polêsine, São Martinho da Serra e Silveira Martins (Tabela 1) e é de grande importância socioeconômica e ambiental para a região.

No Rio Grande do Sul distingue-se, basicamente, dois grupos de cursos d'água, os que drenam para o Atlântico e os que drenam para o Rio Uruguai. O rio Soturno das nascentes até a desembocadura, suas águas percorrem cerca de 100 km no sentido NNO-SSE, caracteriza-se por ser um rio de 6ª ordem e largura média de 30 metros. A sudeste da cidade de Dona Francisca, desemboca na margem direita do rio Jacuí que conduz à Bacia Hidrográfica do Guaíba, uma das principais bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul que por sua vez deságua na Laguna dos Patos e, esta deságua no Oceano Atlântico (KURTZ, 2002).

Tabela 1 – Dados de população, medidas de área e percentagem, dos municípios que fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Soturno

Nome do Município	Censo 2010*	BHRS**	
	População	Área (Km²)	%
Dona Francisca	3.041	11,37	1,152
Faxinal do Soturno	6.672	140,77	14,260
Itaara	5.011	0,03	0,003
Ivorá	2.156	121,76	12,334
Júlio de Castilhos	19.579	453,87	45,977
Nova Palma	6.345	150,17	15,212
Pinhal Grande	4.471	1,16	0,118
Restinga Seca	15.850	24,61	2,493
São João do Polêsine	2.635	45,15	4,574
São Martinho da Serra	3.201	0,10	0,010
Silveira Martins	2.452	38,19	3,868
Total	71.773	987,18	100,000

*Fonte: <http://www.ibge.gov.br>

**Dados obtidos na classificação do uso e ocupação da terra.

Na área de estudo podemos encontrar os seguintes compartimentos geomorfológicos: Planalto Meridional, Rebordo do Planalto Meridional e a Depressão Central ou Periférica. Uma das diferenças marcantes entre elas é a constituição dos seus solos e o uso agrícola. Por exemplo, na Depressão Central predominam solos arenosos, e o arroz é a cultura agrícola mais

difundida nas áreas de várzea. Quanto ao tamanho das propriedades, se sobressaem as pequenas e médias. Outra característica importante da Depressão está no fato de que no inverno a maior parte das áreas agrícolas de várzea ficam em pousio¹. Podemos observar na figura 2 um mosaico com fotografias dos cenários encontrados na área de estudo.

A rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Soturno, apresenta um padrão dendrítico. Os seus principais afluentes são o rio Melo, e os arroios Felício, Tabuleiro, Ivorazinho, Guarda-Mor e Laranjeira na margem direita e o Arroio do Tigre, Lajeado Pedras Brancas, Lajeado Mirapicica e Lajeado Salso na margem esquerda (MELLO FILHO, 1994).



Fonte: Edison Antonio Alberti

Exemplos de ambientes na BHRS e uso da terra. Planalto (1, 2 e 3); Rebordo (4, 5 e 6); Depressão (7, 8 e 9)

Figura 2 – Mosaico de fotografias dos cenários encontrados na área de estudo

¹ (1) período de tempo em que um solo é deixado em repouso, isto é, sem cultivo de lavoura, para recuperar suas condições de fertilidade. Normalmente se cultiva algum tipo de adubo verde para incorporá-lo posteriormente ou se utiliza uma cobertura morta para não deixar o solo exposto a fatores que causem erosão. (2) repouso (ORMOND, 2006).

Na bacia hidrográfica do rio Soturno é possível destacar três zonas com características climáticas, fisiográficas, e geológicas marcadamente distintas. A zona das nascentes do rio Soturno, localizada na região do Planalto Meridional, foi originada a partir da decomposição de rochas basálticas. A erosão laminar constante e progressiva destas expôs a área sedimentar arenítica, conferindo-lhe um relevo plano a fracamente ondulado. A zona do curso central do rio Soturno onde se concentra a maior parte dos seus tributários fica localizada no chamado Rebordo do Planalto Meridional. É caracterizada pela presença de um relevo muito acidentado e movimentado, com a presença de inúmeros afloramentos rochosos de basalto, litossolos nas encostas e linhas de água profundamente encaixadas. Finalmente a zona do curso terminal do rio Soturno, que desagua na margem direita de rio Jacuí, localizada na Depressão Central ou Periférica, apresenta novamente um relevo suave, constituído por terrenos de origem sedimentar e depósitos aluviais mais ou menos recentes (GARCIA, 2001).

1.2 Características gerais da área de estudo

1.2.1 Características de solos, geologia e geomorfologia

Ao norte do Estado situa-se o Planalto Meridional, formado por rochas basálticas decorrentes de um grande derrame de lavas ocorrido na era Mesosóica. Sua extremidade a oeste, expressa o resultado do trabalho da erosão diferencial, sendo denominada de *Cuesta do Haedo*. À nordeste encontram-se as maiores altitudes do Planalto, chegando a alcançar 1.398 m no Monte Negro em São José dos Ausentes. Suas bordas correspondem à chamada Serra Geral. Ao centro do Estado está a Depressão Central que é formada de rochas sedimentares dando origem a um extenso corredor que liga o oeste ao leste, através de terrenos de baixa altitude.

Assim sendo, a bacia hidrográfica do rio Soturno está localizada numa área de transição entre o compartimento geomorfológico Planalto Meridional, suas Encostas/Rebordo do Planalto Meridional e a Depressão Central ou Periférica, configurando deste modo um relevo com três formas típicas.

O Planalto Meridional, que está sobre a Formação Serra Geral, apresenta cotas altimétrica em torno de 400 metros acima do nível do mar, seus terrenos são tipicamente mais tabuliforme e na sua borda é apresentado por terminais escarpados, festonados e profundamente

dissecados pela erosão fluvial. Este compartimento é o segundo setor com maior área dentro da bacia hidrográfica com 422,69 km² de área o que corresponde a 42,81% da área de estudo.

O Rebordo do Planalto Meridional, pelas suas características geológicas e geomorfológicas, sinaliza a transição das “terras altas” do Planalto vulcânico para as “terras baixas” da Planície Costeira e da Depressão Central. Evoluiu em duas frentes contínuas, com distintas características. Um dos segmentos tem orientação nordeste, com face voltada para o oceano Atlântico na região Nordeste do Estado. O outro segmento, na frente Sul, que se estende por centenas de quilômetros no sentido leste-oeste, tem a transição com a Depressão central mais suave, mas mesmo assim muito acidentada, constituindo uma frente de escarpa recuada, representada por intensa dissecação e com marcante controle estrutural da rede de drenagem. Nessa porção registra-se cristas simétricas disseminadas, relevo residuais isolados formando morrotes e morros (morros testemunhos), ressaltos topográficos e bordas de patamares estruturais (ROBAINA; CRISTO; TRENTIN, 2011). É o compartimento que ocupa a maior área na bacia hidrográfica do rio Soturno, com aproximadamente 451,27 km² de área o que corresponde a 45,72% da bacia hidrográfica.

A Depressão Central ou Periférica caracteriza-se por apresentar terrenos levemente ondulados a planos em grandes extensões próximo as várzeas dos afluentes de maior ordem. Este compartimento apresenta a menor área da bacia hidrográfica em estudo com 113,22 km² de área, o que corresponde a 11,47% do total.

Segundo Robaina, Cristo e Trentin (2011), a região do Rebordo do Planalto Meridional apresenta características de um relevo poligenético, evoluído a partir de degradação lateral e pela erosão linear, modelados por fatores litológicos, tectônicos e climáticos. Ainda acrescentam que, as feições fisiográficas e biogeográficas se integram, gerando uma paisagem muito característica, onde se combinam vertentes inclinadas, canais fluviais encaixados, surgências, processos superficiais acelerados (erosão e movimentos de massa) e a importante cobertura de vegetação florestal, responsáveis pela configuração atual.

Segundo o levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Sul, feito em 1973 por Lemos (1973 apud Mello Filho, 1994), encontra-se presentes na bacia hidrográfica do rio Soturno quatro grandes tipos de solos: planossol, brunizém hidromórfico, podzólico vermelho amarelo álico e podzólico vermelho amarelo. No quadro 1 são apresentadas as características principais de cada um dos tipos de solos, os tipos de relevo e que estão associados, a sua localização na bacia hidrográfica em estudo e a ocupação do solo que mais frequentemente lhe está associada.

Designação	Características principais	Tipos de relevo a que estão associados	Localização na sub-bacia hidrográfica	Ocupação mais comum
<i>Planossol</i>	Textura média, substrato constituído por sedimentos aluvionares recentes de siltitos e arenitos. Solos mal drenados, ácidos, com baixa saturação de bases e pobre em nutrientes. Horizontes: A,B,C.	Plano	Várzeas de todos os rios e riachos da Depressão Central ou Periférica.	Intensamente cultivados com arroz.
<i>Brunizém Hidromórfico</i>	Textura média, substrato silito-arenito, mediamente profundos, imperfeitamente drenados, ácidos e com baixa saturação em bases. Horizontes: A,B,C.	Suavemente ondulado a ondulado, com declividade média em torno dos 6%, e altitudes que variam entre os 100 e os 200m.	Depressão Central. Municípios de Faxinal do Soturno, São João do Polêsine e Dona Francisca.	Pastagens e algumas lavouras com culturas de verão como a soja e milho.
<i>Podzólico Vermelho Amarelo Álico</i>	Textura argilosa, substrato constituído por rochas eruptivas básicas que constituem o basalto. Profundidade média de 150cm, bem drenados e com elevada capacidade de troca catiônica em todos os horizontes. Horizontes: A,B,C (com horizonte B estrutural).	Muito movimentado com encostas de declive que pode chegar aos 45° e que se acentua com a proximidade às linhas de água.	Rebordo do Planalto. Municípios de Ivorá, Nova Palma e Júlio de Castilhos.	Campos ocupados na sua maioria com pastagens, mas onde ocorrem também campos de trigo, soja e milho. Frequente a ocorrência de matas de galeria.
<i>Podzólico Vermelho Amarelo</i>	Textura média, substrato arenítico, profundos, bem drenados, ácidos, com baixa capacidade de troca catiônica, pobres em nutrientes e matéria orgânica. Horizontes: A,B,C.	Suavemente ondulado, com encostas de declive inferior os 6%, que deixam entre depressões abertas amplas e planas.	Planalto das Missões, município de Júlio de Castilhos.	Campos de pastagens naturais e com algumas áreas agrícolas.

Fonte: Adaptado de Rocha et al. (1990 apud GARCIA, 2001, p. 129).

Quadro 1 – Tipos de solos presentes na bacia hidrográfica do rio Soturno

Conforme o Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000, estão presentes na área de estudo as seguintes unidades geológicas: Depósitos Aluviais correspondente a areia grossa a fina, cascalho e sedimento siltico-argiloso, em calhas de rios e planícies de inundação; Formação Caturrita contendo arenito, conglomerado, silito areno-argiloso e folhelho em depósitos fluviais e deltas lacustres; Formação Botucatu com arenito fino a grosso, grãos bem arredondados e com alta esfericidade provenientes de ambiente continental desértico, depósitos de dunas eólicas; Formação Tupanciretã com arenito fino, quartzoso, paraconglomerado e arenito conglomerático, em ambiente continental; Formação Santa Maria possui arenito e arenito conglomerático com pelitos subordinados, e silito argiloso maciço, em ambiente continental correspondendo a depósitos de canais fluviais de moderada sinuosidade, de planície de inundação e lacustre; Fácies Caxias contem derrames de composição intermediária a ácida, riocacitos a riolitos, mesocráticos, microgranulares a vitrofíricos, textura esferulítica comum, forte disjunção tabular no topo dos derrames e maciços

na porção central, dobras de fluxo e autobrechas frequentes, vesículas preenchidas predominantemente por calcedônia e ágata, e, Fácies Gramado possui derrames basálticos granulares finos a médio, melanocráticos cinza, horizontes vesiculares preenchidos por zoelitas, carbonatos, apofilitas e saponita, estruturas de fluxo comuns, intercalações com os arenitos Botucatu (WILDNER et al., 2006).

1.2.2 Características climáticas

O Rio Grande do Sul se encontra na posição latitudinal na passagem da zona tropical à temperada, ou seja, em latitudes subtropicais. Além disso, a posição geográfica do Estado (região Sul do Brasil) o coloca em contato com as massas migratórias do anticiclone móvel polar, ou seja, é fortemente influenciado por sistemas frontais que causam chuvas e alterações na temperatura durante o ano todo (FERRAZ; ROBERTI, 2011).

Uma das características predominantes da ocorrência das chuvas no Estado se dá em virtude dos sistemas frontais, ou seja, choque das massas de ar frias com as massas de ar quentes provocando a formação de nebulosidade e faixas de precipitação.

De acordo com a classificação de Köppen o clima da zona é do tipo 'Cfa' que corresponde a condições de clima mesotérmico, sempre úmido, com verões quentes e chuvas bem distribuídas ao longo do ano, embora com possibilidade de ocorrência de períodos secos entre os meses de novembro e fevereiro. A temperatura média anual é de 19,2 °C com médias do mês mais frio de 8 °C e média do mês mais quente de 20 °C (GARCIA, 2001).

A precipitação média anual é de 1.760 mm, com chuvas torrenciais em todas as épocas do ano, constatando-se, com frequência, a ocorrência de chuvas acima de 165 mm no período de 24 horas. São raros os períodos de déficit hídrico e quando ocorrem são inferiores a 100 mm Brasil/MA, (apud MELLO FILHO, 1994).

Segundo dados do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, (1972 apud BARATTO, 1994, p. 12), este clima apresenta as seguintes características: a) O total anual de precipitações é de 1.600 mm, geralmente distribuídas uniformemente, sendo que no verão caem em média 400 mm, no outono entre 400 a 500 mm, no inverno em torno de 400 mm e na primavera 450 mm. Os meses de maior precipitação são abril, maio, setembro e outubro; b) A umidade relativa do ar neste município está entre a média mensal de 75% a 80%, portanto o clima pode ser considerado úmido; c) Predominam os ventos dos quadrantes leste e

sul (no inverno). Quanto aos ventos do quadrante norte indica um tipo de tempo pré-frontal (aquecido).

Segundo Ferraz e Roberti (2011), analisando dados climatológicos de médias mensais de temperatura e de acumulados mensais de precipitação na região central do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul; constataram que o regime de precipitação apresentou uma distribuição aproximadamente uniforme durante o ano todo, com chuvas mais intensas no fim do inverno e primavera e um grande gradiente de temperatura sazonal (de uma estação para outra) e espacial (de leste para oeste). Os efeitos topográficos também foram decisivos onde, no inverno, foram registradas temperaturas muito frias e até neve nas maiores altitudes. As pesquisadoras também comentam que, ao contrário do que acontece com o padrão de temperatura, a precipitação não apresentou uma relação com a topografia respondendo principalmente aos sistemas sinóticos que passam pela região (por exemplo, as frentes frias).

O clima e a geomorfologia da área em estudo se conjugam para criar condições francamente favoráveis à erosão dos solos. As chuvas, no Planalto Meridional, zona amplamente agricultada, arrastam materiais que exercem forte ação mecânica na zona do Rebordo do Planalto como consequência do aumento de velocidade do escoamento superficial provocado pelo elevado declive. Os materiais arrastados vão ser depositados em grandes quantidades na Depressão Central ou Periférica. Todo este processo conduz ao empobrecimento dos solos agricultáveis na parte superior da bacia hidrográfica e ao assoreamento do curso inferior do rio Soturno.

1.2.3 Características florestais

Com base no Inventário Florestal da Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul, foi possível traçar uma caracterização geral das manchas florestais que povoam a área em estudo. Os resultados deste inventário mostram que a taxa de arborização dos municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do rio Soturno é em média de 28,76% (BRENA; LONGHI, 1998). Segundo os mesmos autores, as florestas da área em estudo pertencem à formação Floresta Estacional Decidual (caducifólia).

A vegetação que recobre essas encostas e as depressões adjacentes foi denominada, genericamente, de Mata da Fralda da Serra Geral (RAMBO, 2005; REITZ; KLEIN; REIS, 1988), classificada pelo sistema Fisionômico-ecológico da vegetação brasileira em Floresta

Estacional Decidual (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991), devido o estrato emergente da floresta ser composto por indivíduos arbóreos caducifólios, ou seja, indivíduos que perdem suas folhas em um período desfavorável fisiologicamente, que no caso é na estação mais fria do ano, no inverno. Nesta floresta o estrato dominante é basicamente caducifólio, com mais de 50% dos indivíduos desprovidos de folhagem no período desfavorável (outono e inverno) (SHUMACHER; HOPPE, 1997).

Para além das manchas florestais de grande dimensão, existem na área em estudo, matas ciliares ou de galerias as quais são, formações florestais que acompanham os cursos de água começando como subarbustivas nas fontes, desenvolvendo-se em matilhas na encosta seca e rochosa e terminando em matas de regular extensão e altura, de acordo com o volume de água e com os terrenos de aluvião (RAMBO, 2005).

As matas ciliares assumem diferentes formas conforme a disponibilidade em água e a natureza do solo. Assim, na zona norte da área em estudo as matas ciliares são mais pobres sob o ponto de vista da diversidade florística, apresentando, frequentemente, apenas elementos arbustivos nos cursos superiores dos riachos e encontram-se muito fragmentadas. Na zona mais ao sul da bacia hidrográfica, nos terços central e inferior dos principais tributários do rio Soturno, as matas ciliares são mais desenvolvidas e são do tipo, segundo Shumacher e Hoppe (1997), Floresta Estacional Decidual Aluvial. Segundo os mesmos autores este ecossistema encontra-se muito desfalcado dos seus indivíduos principais como consequência da exploração indiscriminada.

A composição florística desta formação é ocupada, preferencialmente, por espécies decíduais, adaptadas ao ambiente aluvial, onde dominam espécies como: *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Vitex meapotamica* (tarumã), *Inga uruguensis* (ingá), *Ruprechtia laxiflora* (farinha seca) e a *Sebastiania commersorniana* (branquilho), entre outros (SHUMACHER; HOPPE, 1997).

Nas zonas de campos, sobretudo na parte norte da área em estudo, surgem também pequenos núcleos de árvores, de forma mais ou menos circular ou oval, designados por capões. Os capões surgem nas zonas mais úmidas ou alagadiças e unem-se por vezes às matas de galeria. O que caracteriza estes núcleos isolados é a falta de grande número de espécies arbóreas secundárias. Existem nos capões, espécies comuns à mata virgem, mas em número e volume restrito. Os capões são a prova do avanço natural da mata virgem sobre o campo, onde aparecem primeiro as espécies mais sóbrias como bugre (*Lithraea brasiliensis*), vários espinheiros pertencentes às Euforbiáceas como *sebastiania klozschiana* e outras como o pau-ferro

(*astronium balansae*), seguindo depois para formar os primeiros núcleos fechados, o cedro (*cedrela fissilis*) e o louro (*cordia trichotoma*) (RAMBO, 2005).

A vegetação do Rebordo do Planalto Meridional, chamada de Floresta Estacional vem sendo estudada em diferentes aspectos no intuito de se obter informações básicas que sirvam de subsidio para elaboração de programas de recuperação e preservação da biodiversidade existente nos remanescentes nessaf floresta. A área do Rebordo comporta a maior área de floresta nativa do estado, composta por áreas de diferentes tamanhos (SCHUMACHER et al., 2011).

Kilca e Longhi (2011) consideram a importância de preservação das florestas localizadas na região do rebordo e imediações do Planalto Meridional para a manutenção da diversidade vegetal do estado. Visto que o nível de perturbação dessas florestas fez variar a composição, a estrutura e a disponibilidade de recursos madeireiros e não madeireiros nessas florestas. Os autores também comentam que o Planalto Meridional, apesar de apresentar grandes remanescentes florestais, essas, encontram-se ameaçadas pelo desenvolvimento urbano e rural.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Importância da bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental

Bacia hidrográfica é toda a área de captação natural de água que escoam superficialmente para um corpo de água ou seu contribuinte. Os limites da bacia hidrográfica são definidos pelo relevo, considerando-se como divisores de águas as áreas mais elevadas do limite entre as bacias hidrográficas. O corpo de água principal, recebe contribuição dos seus afluentes, sendo que cada um deles pode apresentar vários contribuintes menores, alimentados direta ou indiretamente por nascentes. Assim, em uma bacia existem várias sub-bacias ou áreas de drenagem de cada contribuinte. Estas são as unidades fundamentais para a conservação e o manejo, uma vez que a característica ambiental de uma bacia reflete o somatório ou as relações de causa e efeito da dinâmica natural e ação humana ocorridas no conjunto de todas as sub-bacias nela contidas (SILVEIRA, 2012).

Estudos que levem em conta a bacia hidrográfica como unidade de estudo, devem considerar a importância de se estabelecer uma base organizacional como unidade para o gerenciamento de recursos hídricos. Desta forma é necessário a implementação por bacia de uma base de dados referenciada, com o propósito de integração das informações em recursos hídricos, objetivando a troca e divulgação de informações acerca desta unidade de estudo. A bacia hidrográfica serve como unidade básica para gestão dos recursos hídricos e até para gestão ambiental como um todo, uma vez que os elementos físicos naturais estão interligados pelo ciclo da água.

Quanto aos conhecimentos sobre bacias hidrográficas é fundamental medir e quantificar algumas das características marcantes, como as: topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e térmicas, assim como a cobertura vegetal, o uso e ocupação da terra, os quais desempenham papel importante no comportamento desta (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

É importante destacar que o estudo em bacias hidrográficas tem por objetivo o manejo apropriado de renovação e conservação dos recursos naturais renováveis, principalmente dos solos, da vegetação e da água, o que envolve o uso desses recursos e os impactos das atividades humanas. Portanto, entende-se como uma unidade de estudo, pois dentre outras razões, estas mantêm uma relação estreita entre as atividades antrópicas e os componentes do ambiente (CAZULA; MIRANDOLA, 2010).

Existem muitos conceitos para definir o que é uma bacia hidrográfica. Para trabalhos que levem em conta a água como objeto de estudo, a bacia hidrográfica é a maneira mais adequada para concretizar esses levantamentos. Portanto, bacia hidrográfica é uma área bem definida e fechada topograficamente onde as águas que incidem nesta área fluem para um único ponto de descarga.

À vista disso, bacia hidrográfica é o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Os rios se originam nas depressões longitudinais, conforme há concentração das águas das chuvas, isto é, do lençol de escoamento superficial. A noção de bacia hidrográfica obriga naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes etc. (GUERRA; GUERRA, 1997).

Para Silveira (2012), bacia hidrográfica pode ser considerada como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único.

A água desempenha papel relevante como objeto de estudo em projetos desenvolvidos em bacias hidrográficas, podendo ser levantada uma grande gama de aspectos e dados relativos quanto a qualidade e quantidade. Este monitoramento possibilita a geração de indicadores sensíveis de interações e alterações dos sistemas. Neste contexto, o monitoramento ajuda a definir estratégias de utilização, gestão, controle e conservação (SIQUEIRA; HENRY-SILVA, 2011).

Grande parte dos problemas de deterioração dos recursos hídricos estão relacionados com o crescimento e a diversificação das atividades agrícolas, o aumento da urbanização e o aumento e a intensificação das atividades nas bacias hidrográficas (TUNDISI, 2005).

Outro problema igualmente importante é o represamento dos rios para geração de energia elétrica, no entanto, estudos deverão ser feitos antes da implantação desse tipo de empreendimento, no sentido de contribuir para a redução dos prejuízos à biodiversidade aquática, quando ecossistemas lóticos sejam transformados em ecossistemas lênticos (ESTEVES; MENEZES, 2011). Sobre esta questão, o Brasil apresenta um dos maiores potenciais de produção de energia elétrica do mundo, isso deve-se fundamentalmente porque nas bacias hidrográficas brasileiras predominam os rios de planalto, apresentando ao longo do seu leito rupturas em declives, vales encaixados e outras características que propiciam um potencial altíssimo na geração de energia elétrica (ROCHA, 2001).

Do total da água disponível no planeta a água doce é a que assume maior importância, no que se refere aos usos preponderantes, sem depender de tecnologia para tornar a água salgada e salobra potável ao ser humano. Podemos considerar que o desenvolvimento econômico, a qualidade de vida e as funções do ecossistema dependem do volume de água utilizável e de sua disponibilidade global e local no sentido de construção de cenários confiáveis, que possibilitem o aproveitamento múltiplo e integrado dos recursos hídricos e implementar políticas consistentes de gestão no futuro (TUNDISI; BRAGA; REBOUÇAS, 2006).

Os usos dos recursos hídricos têm se intensificado com o desenvolvimento econômico, tanto no que se refere ao aumento da quantidade demandada para determinada utilização, quanto no que se refere ao aumento da variedade desses usos e, em função disso, aumenta também, o índice de contaminação.

Problemas relacionados a degradação ambiental em bacias hidrográficas são comuns, como exemplo, temos: a destruição desordenada das matas ciliares; o assoreamento dos cursos fluviais; a poluição da água pelo lançamento de substâncias orgânicas e inorgânicas, resultantes principalmente do esgoto doméstico e industrial, e a erosão, pois o solo está diretamente ligado à vocação econômica na agropecuária, sendo imprescindível para a manutenção da produtividade (KLAMT; DALMOLIN; CABRAL, 1997).

A bacia hidrográfica possui características essenciais tornando-a uma unidade bem caracterizada e permite a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental. Deve-se levar em consideração a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão. Para tanto, é necessário dar condições para cuidar dos mananciais e das fontes de abastecimento de água potável, assim, os cuidados no gerenciamento devem levar em conta todo o sistema de produção.

Para Tundisi (2005) a melhoria no sistema de planejamento e gerenciamento das águas devem contemplar os *processos conceituais* (a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento e a integração econômica e social), os *processos tecnológicos* (o uso adequado de tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento) e, também os *processos institucionais* (a integração institucional em uma unidade fisiográfica, a bacia hidrográfica, é fundamental).

Como unidade de planejamento e gestão, considera-se bacia hidrográfica como a unidade mais apropriada para o gerenciamento e a otimização dos usos múltiplos sob a ótica de um desenvolvimento sustentável.

O avanço da agricultura e o conseqüente aumento da utilização do solo de forma não planejada, com remoção da cobertura vegetal e exposição deste às intempéries, ocasionam

alterações no meio natural, provocando aceleração no processo de erosão, que traz consequências negativas e, por vezes desastrosas, devido sua forte influência sobre o regime hidrológico da bacia hidrográfica. O manejo inadequado da bacia hidrográfica sem práticas de conservação do solo, como contenção de enxurradas, produz a perda de nutrientes do solo, sendo transportados pela água das chuvas e depositando-se no leito dos rios.

Os nutrientes produzidos pela indústria como adubos químicos, quando introduzidos em excesso nos ambientes aquáticos, fornecem sustento extra ao fitoplâncton e macrófitas aquáticas, podendo ocasionar a eutrofização desses ambientes. Essas condições devem ser avaliadas para permitir o nível trófico adequado das águas.

Estudando o processo de eutrofização em reservatórios Tundisi (2005), identificou uma série de consequências para o ecossistema, tais como: diminuição do oxigênio, aumento dos sedimentos em suspensão e turbidez da água, reduzindo as possibilidades de sobrevivência da fauna e da flora, essenciais a esse ambiente para completar o ciclo ecológico. Branco (1978) considera que os maiores prejuízos para um manancial, causado pela poluição, são a destruição da flora e fauna naturais. Esta destruição é devida às alterações do teor de oxigênio, matéria orgânica, pH e temperatura, entre outras.

A bacia hidrográfica é um sistema aberto, por isso as causas e as soluções da poluição da água não são encontradas, analisando-se somente a água. O funcionamento e estabilidade são relativos ao longo dos anos e são determinados em grande parte pela entrada e saída de águas, materiais e organismos de outras partes da bacia de captação. Se a entrada de materiais for muito grande e não puder ser assimilado o rápido acúmulo de materiais pode destruir o ecossistema (ODUM, 1988).

Um problema igualmente grave para a natureza e à população são os agrotóxicos utilizados na agricultura, os quais poderão ocasionar sérios problemas ambientais no sistema aquático. A erosão do solo e a perda de nutrientes de uma floresta perturbada ou de um campo cultivado inadequadamente, não somente empobrece esses ecossistemas, como também podem causar impactos, como a eutrofização em corpos d'água. Outros problemas que provocam impactos negativos são: a exploração em minas a céu aberto; o barramento de rios tanto para o abastecimento de água para a população ou para a geração de energia elétrica; o desmatamento e exploração agrícola praticado sem o manejo adequado (FERREIRA; PEREIRA FILHO; ROSA, 2012).

2.2 O ciclo hidrológico

O movimento da água no planeta está ligado ao Ciclo Hidrológico, segundo Tundisi (2005, p. 5) “O ciclo é o modelo pelo qual se representam a interdependência e o movimento contínuo da água nas fases sólidas, líquida e gasosa”. E está em contínuo movimento cíclico entre as reservas, sendo a fase líquida a mais importante. Para Silveira (2012, p. 35), “O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechado da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionando fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre”. Este ciclo rege a distribuição da água no planeta. “O ciclo hidrológico é o **princípio unificador** fundamental de tudo o que se refere à água no planeta” (TUNDISI; TUNDISI, 2008, p. 38-39, grifo do autor).

Entre os componentes mais importantes do ciclo hidrológico temos: *precipitação*, é a adição de água à superfície na forma de chuva, neblina, neve ou gelo; *interceptação*, é a retenção, pela vegetação, de parte da água precipitada em folhas e caules; *infiltração*, é o processo pelo qual a água é absorvida pelo solo; *percolação*, é o processo pelo qual a água entra no solo e nas formações rochosas até o lençol freático; *transpiração*, é a água aproveitada pelas plantas e devolvida ao sistema na forma de vapor de água; *escoamento superficial*, é o deslocamento da água das áreas mais altas para as mais baixas sob efeito da gravidade; *drenagem*, é o movimento de deslocamento da água na superfície; e, *evaporação*, é o processo de transformação da água líquida para a fase gasosa. Este fenômeno se refere à troca contínua de água na hidrosfera, entre a atmosfera, águas superficiais, água do solo, subterrâneas e das plantas (SILVEIRA, 2012; TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Os fluxos da água são caracterizados por um movimento contínuo a jusante, transportando as substâncias dissolvidas, e as partículas em suspensão. Esses componentes são derivados principalmente da bacia de drenagem, que é a área total do terreno que drenam para um determinado canal de escoamento e finalizando na sua foz (WETZEL; LIKENS, 2000).

2.3 Uso da terra utilizando dados de sensoriamento remoto

Imagens de sensores remoto são um valioso recurso para obtenção de dados da superfície da Terra. Esta tecnologia é utilizada para elaboração de estudos sobre a cobertura e

o uso da terra, especialmente em análise comparativa da evolução no tempo/espço e avanço da ocupação humana seja em áreas agrícolas, florestais e áreas urbanas. E tem por princípio o registro de informações sobre um objeto, uma área ou de um fenômeno natural que possa ser registrado. A forma empregada para adquirir estas informações se dá pela construção de sensores que possam registrar a Radiação Eletromagnética – REM refletida ou emitida pelo alvo e transformados em dados possível de ser convertido em informação sobre o ambiente. Pode ser considerada uma das mais importantes ferramentas para o monitoramento ambiental a partir de dados de sensores projetados para essa finalidade e instalados a bordo de aeronaves e satélites (EPIPHANIO; KRUG; FORMAGGIO, 2008).

Desta forma, utiliza-se de tecnologias modernas, entre elas o sensoriamento remoto, para monitoramento e estudo dos recursos naturais; dos estudos do meio ambiente; dos usos e ocupação da superfície da terra. É utilizado também como auxiliar no planejamento, rural ou urbano, no planejamento e execução das obras de engenharia. Muitos dos mais importantes planos de informação biofísicos, de uso da terra, e socioeconômicos são derivados a partir de uma análise de dados de sensoriamento remoto (JENSEN, 2009).

É uma tecnologia cujas características ou qualidades facilita consideravelmente o estudo do espaço transformado pelo homem, bem como o levantamento de recursos naturais e o monitoramento ambiental, e possibilita o diagnóstico rápido das áreas degradadas. Para este sistema de aquisição de dados utilizam-se várias técnicas onde cada uma apresenta determinado potencial de informação.

As imagens dos sensores remotos são dados brutos que para extrair as informações precisam ser analisadas e interpretadas por uma pessoa qualificada para esta tarefa. O trabalho é identificar objetos nelas representados e dar um significado a esses objetos, que podem ser o traçado de rios e estradas, áreas urbanas, obras de engenharia, áreas de cultivo, florestas, pastagens, etc., esta interpretação pode resultar em um mapa.

Outro fator importante que torna o sensoriamento remoto uma tecnologia cada vez mais utilizada é a inovação proporcionada pela sua aplicação e a periodicidade da aquisição de suas imagens, as quais permitem monitorar situações de desmatamento, expansão de áreas sujeitas a degradação ambiental, focos de incêndios florestais, enchentes, avaliação de áreas sujeitas a escorregamento de massa entre outros fenômenos, estes poderão ser comparados ao longo do tempo. Entretanto, a escolha da escala de trabalho adequada de representação é fator primordial na escolha da imagem de satélite a ser utilizada nas suas mais diversas aplicações (BOGGIONE, 2009).

O levantamento do uso e ocupação da terra torna possível interpretar o que está acontecendo e, de certa forma, inferir a evolução desta ocupação, desta forma possibilita ao poder público tomar decisões antecipadas com o objetivo de evitar problemas ambientais a partir do mapeamento e do monitoramento ambiental, integrando diferentes bases de dados que facilite o acesso as informações para a gestão do território e dos recursos naturais. Desta forma a utilização do sensoriamento remoto permite o acesso a mapas de uso e cobertura da terra em períodos distintos, bem como a visualização da transição entre as classes de uso e cobertura da terra.

Muitas definições sobre sensoriamento remoto são propostas na literatura específica sobre o assunto. Todas elas expressam um objetivo comum. De forma simplificada é um conjunto de atividades utilizadas para obter informações da superfície da terra para o monitoramento ambiental, por exemplo, utilizando-se de dispositivos (sensores) colocados em satélites (orbitais), aeronaves (aerotransportados) ou, até mesmo, na superfície.

Portanto é uma tecnologia (software e hardware), disponibilizada para auxiliar nos estudos sobre o manejo do meio ambiente. Engloba o conhecimento de todos os componentes (a radiação solar, a atmosfera terrestre, o solo, a vegetação e a água), bem como, dos constituintes dos objetos; que diretamente ou indiretamente fazem parte dos sistemas sensores (MOREIRA, 2001).

Para Florenzano (2007, p.11), a definição de sensoriamento remoto tem um sentido mais amplo, nas suas palavras “Sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície”. Outra definição igualmente importante e abrangente foi proposta por Evelyn Novo, na sua concepção sensoriamento remoto vem a ser:

(...) a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações. (NOVO, 2010, p. 28).

O aspecto chave utilizado para adquirir informações da superfície da Terra por sensoriamento remoto, se dá pela constituição e o uso de sensores de Radiação Eletromagnética (REM) refletida ou emitida pelo alvo para inferir propriedades de objetos da superfície terrestre adquiridos a distância.

O sensoriamento remoto está compartimentado em três elementos básicos. A *fonte*, que é quem transmite a radiação eletromagnética. Para sensores passivos (sensores óticos) a fonte da REM é o sol; já para sensores ativos (possui uma fonte de radiação), não depende de uma fonte externa para irradiar o alvo. Como exemplo de sensores ativos temos os radares, o laser, radiômetros de micro-ondas e câmaras fotográficas que utilizam *flash*. O *alvo*, é o objeto de interesse. O *sensor*, são os dispositivos, aerotransportados ou orbitais, que geram o dado que posteriormente será analisado e estudados (MOREIRA, 2001, grifos do autor).

Um problema que deverá ser levado em consideração em sensoriamento remoto em que se utiliza sensores óticos, diz respeito a cobertura de nuvens. Esta impede que a energia refletida pela superfície da terra chegue até o sensor, neste caso o sensor registra a energia proveniente da nuvem. Sendo assim é importante escolher imagens com a menor cobertura de nuvens possível. A radiação eletromagnética, na sua trajetória, atravessa a atmosfera, que interfere na energia final registrada pelo sensor, quanto mais distante estiver o sensor da superfície terrestre maior será a interferência da atmosfera (FLORENZANO, 2002).

Os objetos da superfície terrestre, como a vegetação, a água, o solo e todo tipo de obra construída pelo homem, refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em conformidade que variam com o comprimento de onda, observando as características bio-físico-químicas dos elementos constituintes destes objetos (FLORENZANO, 2007)

Outra característica levada em consideração sobre o sensoriamento remoto incide sobre os custos, áreas de abrangência desta tecnologia e repetitividade. Sobre esta temática Epiphany; Krug e Formaggio (2008, p. 53), colocam que “Em geral, os dados de sensoriamento remoto cobrem áreas extensas, o que contribui para a diminuição dos custos e aumento da abrangência do monitoramento. Além disso, eles apresentam características de repetitividade que permitem seguir os processos ambientais ao longo do tempo”.

As inovações tecnológicas propiciadas pelo sensoriamento remoto dinamizaram o monitoramento e estudos em diferentes áreas do conhecimento, causando sensível mudança na forma como a sociedade passou a buscar informações sobre o espaço geográfico. Contribuindo enormemente para o conhecimento da heterogeneidade espacial de nossos ambientes (BATISTELLA; CRISCUOLO; BOLFE, 2008).

Através da utilização tecnologia de sensoriamento remoto, é possível identificar áreas com intensa atividade antrópica, possibilitando desta forma a elaboração de mapas com a classificação do uso da terra e o posterior planejamento da melhor forma de exploração dos recursos naturais.

2.4 Limnologia

A limnologia é a ciência que estuda as águas continentais. Entretanto um conceito mais abrangente define limnologia, segundo Esteves (2011, p. 6) “(...), como o estudo ecológico de todas as massas d’água continentais, independentemente de suas origens, dimensões e concentrações salinas”. Desse modo abrange todos os tipos de águas interiores, como lagoas, açudes, lagoas, represas, reservatórios, rios, riachos, brejos, áreas alagáveis, águas subterrâneas e nascentes. A limnologia tem por princípio o estudo das reações funcionais e produtividade das comunidades bióticas dos ambientes aquáticos interiores e regiões costeiras, considerando os parâmetros físicos, químicos e bióticos ambientais.

A água é o solvente universal, além de sua estrutura, carrega ainda diversas substâncias, algumas geradas pelas atividades antrópicas, contudo outras surgem das interações com o meio terrestre. Assim sendo, os constituintes da água são os resultados dos processos químicos e da interação com o ambiente terrestre e aquático. Portanto, para entender os processos em andamento, faz-se necessário um monitoramento de variáveis e discussões sobre as características físico-químicas da água e sua interação com o uso do solo (BARIANI, 2012).

Na origem da limnologia os estudos eram feitos em lagos segundo uma visão de sistemas quase fechados, as pesquisas eram baseadas na verticalidade dos processos em sistemas confinados e de circuitos, que caracterizam esses ambientes. A transferência desta metodologia para estudos em rios, representou grande dificuldade aos limnólogos, principalmente em função dos efeitos da variável de fluxo longitudinal, que caracterizam os sistemas fluviais (SCHWARZBOLD, 2010).

Nos estudos em limnologia é importante notar a influência dos ambientes terrestres nos aquáticos, estes têm suas variáveis dependentes dos ambientes próximos e da forma como são utilizados. As perturbações na qualidade da água dos mananciais estão diretamente ligadas as influências externas que estes recebem. Um ecossistema de água doce tem suas características dependentes dos ambientes adjacentes (solo, vegetação, geomorfologia, atividades antrópicas) e das águas que lhe são afluentes (MOTA, 1997).

Assim, podemos considerar a unidade ecológica em trabalho de pesquisa, o rio ou o lago mais a bacia de drenagem. Portanto, limnologia para uma visão mais global, não considera somente o meio líquido em que vivem os organismos, mas o complexo sistema de interações que se desenvolvem no sistema terrestre que circundam os ecossistemas aquáticos continentais (TUNDISI; TUNDIDI, 2008). Sendo assim, a qualidade da água é resultante dos diversos

processos naturais e às atividades antrópicas que se desenvolvem na bacia hidrográfica, sendo bastante dependentes dos efeitos da intensidade e sazonalidade destes processos. A qualidade da água pode ser avaliada através de parâmetros físicos, químicos e biológicos, que objetivam identificar condições mais ou menos restritivas ao uso a que se destina.

Os sistemas aquáticos são compostos de duas variáveis bem distintas e influenciadas pela ação antrópica e pelo meio natural. E compreende dois sistemas, o biótico e o abiótico, ambos vulneráveis à entrada e saída de matéria e energia; constituindo o ambiente aquático num sistema aberto, com grande influência das características do ambiente terrestre e, portanto, da ação humana. Desse modo a principal entrada de materiais no ecossistema aquático são as chuvas, através do escoamento superficial na bacia hidrográfica. Essa fonte é a principal responsável por mudanças no sistema aquático, pois, além das características da própria água, ocorre a interação com o ambiente terrestre (WACHHOLZ, 2007).

A principal característica que diferencia os ecossistemas lóticos e os lênticos quanto a movimentação da água, está no fato de que os ambientes lóticos (rios, riachos, córregos) as águas são correntes, predominando a estratificação horizontal, já os ambientes lênticos (lagos, lagoas, áreas alagadas) as águas estão estagnadas, nestas condições observa-se uma estratificação vertical.

Segundo Wetzel (2001) as temperaturas de rios é reflexo do equilíbrio entre fatores de produção, armazenamento e saídas de calor do sistema. A entrada de calor em uma determinada seção de um rio deve-se fundamentalmente a radiação solar de ondas curtas e de ondas longas, condensação e precipitação, advecção² de calor das águas subterrâneas, de montante e influxo dos tributários. Outros fatores podem influenciar nas temperaturas da água numa determinada seção de um rio, podem variar em função da cobertura da mata ciliar, escoamento de águas subterrâneas, profundidade do canal e forma, orientação, condições de substrato e conteúdo de sedimentos presentes na água (WALLING; WEBB, 1992, apud WETZEL, 2001, p. 71). Sendo assim, estes parâmetros e o volume de água, afetarão as taxas de mudança das temperaturas nos córregos e rios ao longo do tempo (WETZEL, 2001).

Ambientes com água corrente comparativamente aos ambientes com águas paradas, não chegam, em condições naturais, de possuir concentrações tão elevadas de substâncias nutritivas, pois esses têm a possibilidade de concentrá-las. Por outro lado, as águas correntes são especialmente influenciadas pelo meio onde estão inseridos, e, por essa razão, possuem

² Segundo Dicionário Houaiss da língua portuguesa: transmissão do calor pelo deslocamento de massa atmosférica no sentido horizontal (HOUAISS; VILLAR, 2009).

características muito variáveis e a presença de material particulado em suspensão constitui-se de detritos orgânicos e inorgânicos (FERREIRA; PEREIRA FILHO; ROSA, 2012).

A radiação solar é vital para o metabolismo, e à própria existência dos ecossistemas de água doce. Quase toda a energia que impulsiona e controla o metabolismo dos lagos, rios e dos riachos é derivada a partir de energia solar, que é convertida através da fotossíntese. A síntese fotossintética da matéria orgânica ocorre dentro do lago ou rio (autóctones) ou dentro da bacia de drenagem terrestre (alóctone) e a matéria orgânica dissolvida ou particulada é movimentada ou transportada para o ecossistema aquático de várias formas por "veículos", como por exemplo, o ar, a água e os animais (WETZEL; LIKENS, 2000).

Além de utilização biológica direta, a absorção de energia solar e sua dissipação em forma de calor afeta a estrutura térmica e estratificação das massas de água e padrões de circulação de lagos, represas e riachos. Essas características, por sua vez tem efeitos profundos sobre a ciclagem de nutrientes e a distribuição de gases dissolvidos e a biota. Portanto, as propriedades ópticas das águas doces exercer controles regulatórios importantes sobre a fisiologia e o comportamento de organismos aquáticos (WETZEL; LIKENS, 2000).

O desenvolvimento de estudos em limnologia busca a compreensão científica dos mecanismos de funcionamento das águas continentais. O funcionamento dos lagos, rios, represas, áreas alagadas e águas temporárias no interior dos continentes estão expostas a impactos contínuos a partir das suas áreas adjacentes, e das formas de uso da terra. Na Limnologia, o material particulado em suspensão pode ser tratado como Total de Sólidos em Suspensão (TSS) e é representado pela equação $TSS = SOS + SIS$, onde SOS são os Sólidos Orgânicos em Suspensão e SIS os Sólidos Inorgânicos em Suspensão (CORAZZA, 2010).

É importante ressaltar que o clima influencia diretamente os ambientes aquáticos, provocando alterações no seu metabolismo. Por exemplo em períodos de maior precipitação ocasiona o aumento na variável turbidez devido ao grande aporte de material que é carregado pelas chuvas para os corpos d'água. O vento é outro condicionante climático que pode provocar mistura da água, tendo como consequência a ressuspensão de nutrientes das partes mais profundas. Em estudos que envolvem o meio ambiente as variáveis climáticas fornecem dados importantes, entretanto, nem sempre dispomos de equipamentos apropriados para aquisição desses dados, desse modo, uma solução é obter os dados de uma estação meteorológica mais próximo a áreas de estudo (FERREIRA; PEREIRA FILHO; ROSA, 2012).

2.5 As variáveis limnológicas

Cada uma das variáveis de qualidade da água foi avaliada de forma individualizada, apresentando-se a sua importância sanitária. Para caracterizar qualitativamente um corpo d'água são levados em consideração diversos parâmetros. Neste trabalho foram avaliadas as condições ambientais a partir de parâmetros limnológicos da água, correlacionando-se aos dados obtidos a partir da coleta de amostras de água dos seguintes parâmetros descritos a seguir.

2.5.1 Temperatura da água

As variações da temperatura em corpos d'água são parte do regime climático normal que está submetido. Estes apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por vários fatores, tais como: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em corpos d'água tem relação direta com despejos industriais e usinas termoelétricas. (CETESB, 2009). A água possui propriedades térmicas importantes, segundo Odum (1988, p. 368) “A água possui várias propriedades térmicas exclusivas que combinam para minimizar as mudanças de temperatura; assim, a amplitude da variação é menor e as mudanças ocorrem mais lentamente na água do que no ar”.

Como a água possui elevado calor específico (quantidade de calor necessário para elevar de 1 °C a sua temperatura), esta propriedade faz com que a água absorva grandes quantidades de calor, sem que ocorram elevações bruscas de temperatura, desta forma a temperatura varia pouco, e de forma lenta, durante o dia, garantindo a sobrevivência dos seres vivos. Mudanças na temperatura podem resultar em modificações em outras propriedades da água como a densidade, viscosidade, com reflexo sobre a vida aquática (MOTA, 1997).

A temperatura desempenha outro papel importante na natureza, “... é responsável pela zonação e estratificação” (ODUM, 1988, p. 152) tanto em meios aquáticos como terrestres. Este mesmo autor considera que a amplitude da variação de temperatura tende a ser menor na água do que na terra, devido ao seu calor específico. Organismos aquáticos geralmente apresentam faixas mais estreitas de tolerância térmica do que animais terrestres equivalentes. A temperatura, portanto, é universalmente importante, sendo muitas vezes um fator limitante.

Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para o crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação de ovos (BRANCO, 1978). O aumento da temperatura acelera as atividades metabólicas e conseqüentemente aumento do consumo de oxigênio, prejudicando desta forma a piscicultura, assim como diminui a autodepuração dos rios por decomposição microbiana (FELLENBERG, 1980).

A temperatura da água é uma condicionante importante que deverá ser considerada no caso de implantação de empreendimento para a criação de peixes. O produtor deverá preferencialmente escolher espécies nativas, pois são adaptadas as condições climáticas locais. Assim na contabilidade entre o período de menor taxa de crescimento e o período de bom desenvolvimento, estas espécies alcançam um desempenho satisfatório durante o ano (GARCIA, et al, 2008).

A vida aquática está diretamente ligada a temperatura do meio líquido em que vivem, principalmente à vida das espécies de peixes, devido a sua estreita faixa da amplitude térmica que estes subsistem. A elevação da temperatura da água, por exemplo, pelo acréscimo de dejetos industriais pode causar danos irreversíveis aos peixes. Outro problema está relacionado à solubilidade do oxigênio na água que diminui com a elevação da temperatura (FERNANDEZ; GARRIDO, 2002).

A temperatura desempenha um papel importante no meio aquático atuando diretamente numa série de variáveis físico-químicas. De modo geral, conforme aumenta a temperatura, de 0 a 30 °C, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, ao passo que a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam (CETESB, 2009).

2.5.2 Potencial hidrogeniônico - pH

O potencial hidrogeniônico, segundo Mota (1997) é uma relação numérica que exprime o equilíbrio entre íons de hidrogênio (H^+) e íons oxidrilas (OH) no meio; varia de 0 a 14; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7); o pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva; águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações.

O pH tende a influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos de tratamento da água. A vida aquática depende do pH, o critério de proteção à vida aquática recomenda a faixa de 6,0 a 9,0 (Resolução CONAMA 357/05) (BRASIL, 2005).

Alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento dos seres presentes na mesma. Para Odum (1988, p. 167), “Solos e águas de baixo pH (*i. e.*, ácidos) apresentam frequentes deficiências em nutrientes e baixa produtividade”. Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental. A grandeza pH é utilizada para expressar a intensidade da condição ácida ou alcalina de uma solução, neste caso, a água de um manancial (BATALHA, 1986).

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Os efeitos indiretos também são muito importantes podendo, em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; enquanto outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais (CETESB, 2009). A determinação do pH é feita através do método eletrométrico, utilizando-se para isso um peagâmetro digital.

2.5.3 Condutividade elétrica - CE

A condutividade elétrica representa numericamente a capacidade demonstrada pela água de conduzir corrente elétrica e está diretamente relacionada com os elementos nela dissolvidos, ou seja, com a disponibilidade iônica no meio aquático e da temperatura (PEREIRA FILHO, 2000; SOUZA, 2001; CETESB, 2009).

Esta variável limnológica fornece informações acerca do metabolismo dos sistemas aquáticos bem como de importantes fenômenos que ocorrem na bacia de captação, sua composição iônica está relacionada com a geologia da área de drenagem, regime de chuvas e atividade antrópica, que alteram as concentrações de macronutrientes, fornecendo subsídios em relação às fontes poluidoras e a diferenças geoquímicas dos efluentes. O valor da condutividade elétrica é inversamente proporcional ao valor do índice pluviométrico, isto é, quanto maior o valor da condutividade elétrica, menor o valor do índice pluviométrico, e vice-versa (ESTEVEZ; CALIMAN, 2011).

É boa indicadora das modificações na composição de uma água, sobretudo na concentração de sais na coluna d'água; entretanto não propicia indicativos das quantidades relativas dos componentes presentes na água e seus valores aumentam à medida que mais sólidos dissolvidos são lançados na água e, portanto, representa uma medida indireta de concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados, e, por sua vez, altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2009).

2.5.4 Total de sólidos em suspensão - TSS

A quantificação do TSS é representada por todos os sólidos em suspensão tanto substâncias inorgânicas quanto matéria orgânica, microrganismos e fitoplâncton presentes na água e que são retidos em filtros. Via de regra as partículas inorgânicas dominam amplamente esta categoria, enquanto as orgânicas – incluindo o fitoplâncton – representam uma fração menor (ARRAUT, 2005).

A presença de sedimentos em suspensão em corpos d'água natural faz parte da natureza intrínseca destes, entretanto, em determinadas situações podem ocasionar problemas. Segundo a (CETESB, 2009), os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas.

Os ecossistemas aquáticos, invariavelmente, sofrem com a ação das atividades antrópicas desenvolvidas nos ambientes terrestres, ou seja, diretamente ligados ao tipo de uso e ocupação dessas áreas, bem como, do tipo de atividades desenvolvidas. Exemplificando, áreas florestais disponibilizam uma menor quantidade de partículas para o sistema aquático que áreas agrícolas (WACHHOLZ, 2007). Partículas orgânicas ou inorgânicas chegam aos ambientes aquáticos através do escoamento superficial.

2.5.5 Transparência

A transparência da coluna d'água pode variar desde alguns centímetros até dezenas de metros, isto vai depender da quantidade de material dissolvido e em suspensão presente na água. É uma variável que pode ser medida facilmente no campo utilizando-se o disco de Secchi - DS.

Essa região da coluna d'água é denominada zona eufótica e sua extensão depende, principalmente, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática. Sob o ponto de vista óptico a transparência da água pode ser considerada o oposto da turbidez (FERREIRA; PEREIRA FILHO; ROSA, 2012).

Conceitualmente a zona eufótica “(...) é a camada de água vertical determinada pela penetração de luz capaz de manter valores positivos de produção primária líquida” (ESTEVES; CALIMAN, 2011, p. 116).

O disco de Secchi é o equipamento utilizado para realizar as medições da transparência da água, essas deverão ser realizadas num local sem sombra e, de preferência sempre a mesma pessoa deve fazer a leitura. Esse é um disco circular branco ou branco e preto e um cabo graduado, que é mergulhado na água até a profundidade em que não seja mais possível visualizar o disco. Essa profundidade, a qual o disco desaparece e logo reaparece, é a profundidade de transparência. A partir da medida do disco de Secchi, é possível estimar a profundidade da zona fótica, ou seja, a profundidade de penetração vertical da luz solar na coluna d'água, que indica o nível da atividade fotossintética em corpos d'água (CETESB, 2009).

2.5.6 Turbidez

O clima de uma região influencia diretamente os corpos d'água, provocando alterações em seu metabolismo. Nos períodos de maior incidência de chuvas possibilita o aumento da turbidez em função do grande aporte de material particulado que é carregado pela água para os corpos d'água (FERREIRA; PEREIRA FILHO; ROSA, 2012). Sua determinação se dá por Unidades Nefelométrica de Turbidez – UNT.

A erosão nas margens dos rios, que é intensificada pelo mau uso do solo, os esgotos domésticos, os efluentes industriais e as atividades de mineração provocam elevações na

turbidez. O aumento excessivo da turbidez diminui a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas, e, conseqüentemente pode suprimir a produtividade de peixes, afetando deste modo as comunidades biológicas aquáticas e afetando negativamente os usos domésticos, industriais e recreacionais de um corpo d'água (CETESB, 2009).

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, ou seja, é uma propriedade física da água que se traduz na redução da sua transparência devido à presença de materiais em suspensão, tais como, partículas inorgânicas finamente divididas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos (algas e bactérias, plâncton em geral etc.), originados de processos naturais de erosão, bem como de esgotos domésticos e industriais (CETESB, 2009). A cor da água, seja resultante de compostos dissolvidos ou partículas em suspensão, pode afetar a medição de turbidez (ANDERSON, 2005).

O excesso de turbidez na água diminui a penetração da luz ocasionando a redução dos processos fotossintéticos do fitoplâncton, das algas e da vegetação submersa. Os materiais que se depositam no fundo ocasionam o soterramento de organismos bentônicos eliminam locais de desova de peixes, prejudicam o "habitat" de insetos aquáticos e outros invertebrados, e conseqüentemente afetando toda cadeia trófica presente nos corpos d'água (CERETTA, 2004). Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, afetar a produtividade de peixes e influenciar nas comunidades biológicas aquáticas (CETESB, 2009).

É importante o estudo da turbidez, pois pode trazer alguns problemas. Quando de origem natural não traz inconvenientes sanitários diretos, sendo esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos, quando adsorvidos a essas partículas, diminuindo neste caso, a eficiência da desinfecção. Quando de origem antropogênica pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Em corpos d'água a turbidez pode reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese (VON SPERLING, 1996).

2.6 Análise estatística dos dados

De modo geral os ambientes aquáticos são repositórios e influenciados por diversos fatores, como por exemplo, a descarga de efluentes urbanos e/ou industriais sem tratamento e o uso e ocupação do solo nas áreas adjacentes, podem causar modificações nas características limnológicas.

No complexo equilíbrio do ambiente aquático, existem correlações entre as variáveis que podem ser identificadas, com certo grau de confiança, aplicando a análise estatística de correlação. A correlação formaliza e padroniza os procedimentos para interpretação dos dados, dando assim mais credibilidade às conclusões estabelecidas (BARIANI, 2012).

Estatística é a ciência que tem por objetivo orientar a coleta, o resumo, a apresentação, a análise e a interpretação de dados. Em pesquisas, frequentemente, procura-se verificar se existe relação entre duas ou mais variáveis, isto é, saber se as alterações sofridas por uma das variáveis são acompanhadas por alterações nas outras, para isso, uma das técnicas aplicadas é a correlação linear simples ou também denominada coeficiente de correlação de Pearson (r), e é obtida pela equação 2. O coeficiente de correlação é adimensional, e, só assume valores compreendidos entre -1 a +1, ou seja, não é acompanhado de unidade de medida, é um número absoluto, independente das unidades usadas para medir as variáveis x e y (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}} \quad (2)$$

Onde:

r = coeficiente de correlação; x, y = variáveis aleatórias; n = número de observações.

Dentre as propriedades do coeficiente de correlação linear, diz-se que é invariante para as transformações lineares (mudança de origem e de escala) das variáveis. Quando $|r|$ está próximo de um valor, afirma-se que há uma *relação linear* muito forte entre as variáveis. Quando $r \approx 0$, pode-se afirmar que não há relação linear entre ambas as variáveis. Diz-se, nesse caso, que as variáveis são **não-correlacionadas** (DÍAZ; LÓPEZ, 2007, grifo dos autores).

Para se demonstrar que existe associação entre duas variáveis quantitativas, isto é, quando se constata que elas variam juntas, diz-se que as variáveis estão correlacionadas, ou seja, se a mudança de uma provoca a mudança na outra. O gráfico ou diagrama de dispersão é o método gráfico feito sobre dois eixos, “x” e “y”, que representa a correção entre as variáveis. Um dos modos de compreender a relação entre as duas variáveis é por meio de um diagrama de dispersão, também denominado diagrama de pontos. Este, é um gráfico de pares de medidas (x, y) de cada um dos n elementos (MOTTA, 2006).

Quanto ao sinal da correlação, valores positivos indica que as duas variáveis tendem a aumentar ou a diminuir concomitantemente. Uma correlação negativa diz que, quando uma variável tende a aumentar de valor, a outra tende a diminuir e vice-versa (MOTTA, 2006). Segundo Callegari-Jacques (2003) valores negativos de r indicam uma correlação do tipo inversa, isto é, quando x aumenta, y em média diminui (ou vice-versa). Valores positivos para r ocorrem quando a correlação é direta, ou seja, x e y variam no mesmo sentido.

Após determinada a existência de correlação no conjunto de dados, pode-se avaliar qualitativamente quanto a intensidade, usando-se o critério apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Avaliação qualitativa do grau de correlação entre duas variáveis

$ r $	A correlação é dita
0	Nula
0 – 0,3	Fraca
0,3 – 0,6	Regular
0,6 – 0,9	Forte
0,9 – 1	Muito forte
1	Plena ou perfeita

Fonte: adaptado de (CALLEGARI-JACQUES, 2003, p. 90)

Utilizando os dados do uso da terra (dados espaciais da área em estudo obtidas a partir de imagens de satélite) mais dados limnológicos, e dados de precipitação, todos organizados em tabelas e banco de dados. E, com o auxílio do coeficiente de correlação (linear) de *Pearson* (r), com a qual podemos determinar a força e o sentido da relação entre as variáveis para determinar o nível de significância dos resultados das amostras estudadas (LEVIN, 1987; MOTTA, 2006). Esta correlação possibilita qualificar as inter-relações estatisticamente, para que as conclusões não sejam baseadas em comparações diretas, apenas visuais, mas também embasamento estatístico.

Esta é uma técnica importante para interpretação dos dados e fenômenos geográficos envolvendo ao mesmo tempo duas variáveis, ela é usada para identificar se a relação entre os fenômenos é significativa ou se é apenas casual e também mostra e grau de intensidade desta relação.

Quando se calcula o coeficiente de correlação em uma amostra, é necessário ficar atento, que se está, na realidade, estimando a associação verdadeira entre x e y existente na população. Para tanto deve ser realizado um teste de hipótese para verificar se o valor de r é coerente com o tamanho da mostra n , a um nível de significância α , que realmente existe correlação linear entre as variáveis, ou seja, as hipóteses: $H_0: \rho = 0$ (não existe correlação entre x e y); $H_1: \rho \neq 0$ (existe correlação entre x e y). Primeiramente, quanto as especificações, deve ser escolhido o nível de significância (0,05; 0,01) para determinar o nível de confiança do teste (95%; 99%). Neste teste, a hipótese pode ser comprovada observando-se a tabela que representa os valores críticos da distribuição t de *Student*, fornecida através de uma tabela pronta. Se o t_{cal} for maior que o t_{tab} a correlação é significativa, caso o t_{cal} for menor a correlação não é estatisticamente significativa (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

3 METODOLOGIA

O trabalho para o desenvolvimento desta dissertação envolveu pesquisa de gabinete e também de atividades a campo. O início do desenvolvimento dos trabalhos deu-se com o levantamento bibliográfico relativo aos temas abordados na pesquisa, pela coleta de dados a campo e análise em laboratório. Procedeu-se a tabulação, processamento e interpretação dos dados e, por fim, a correlação dos resultados obtidos, conforme demonstrado no fluxograma da figura 3.

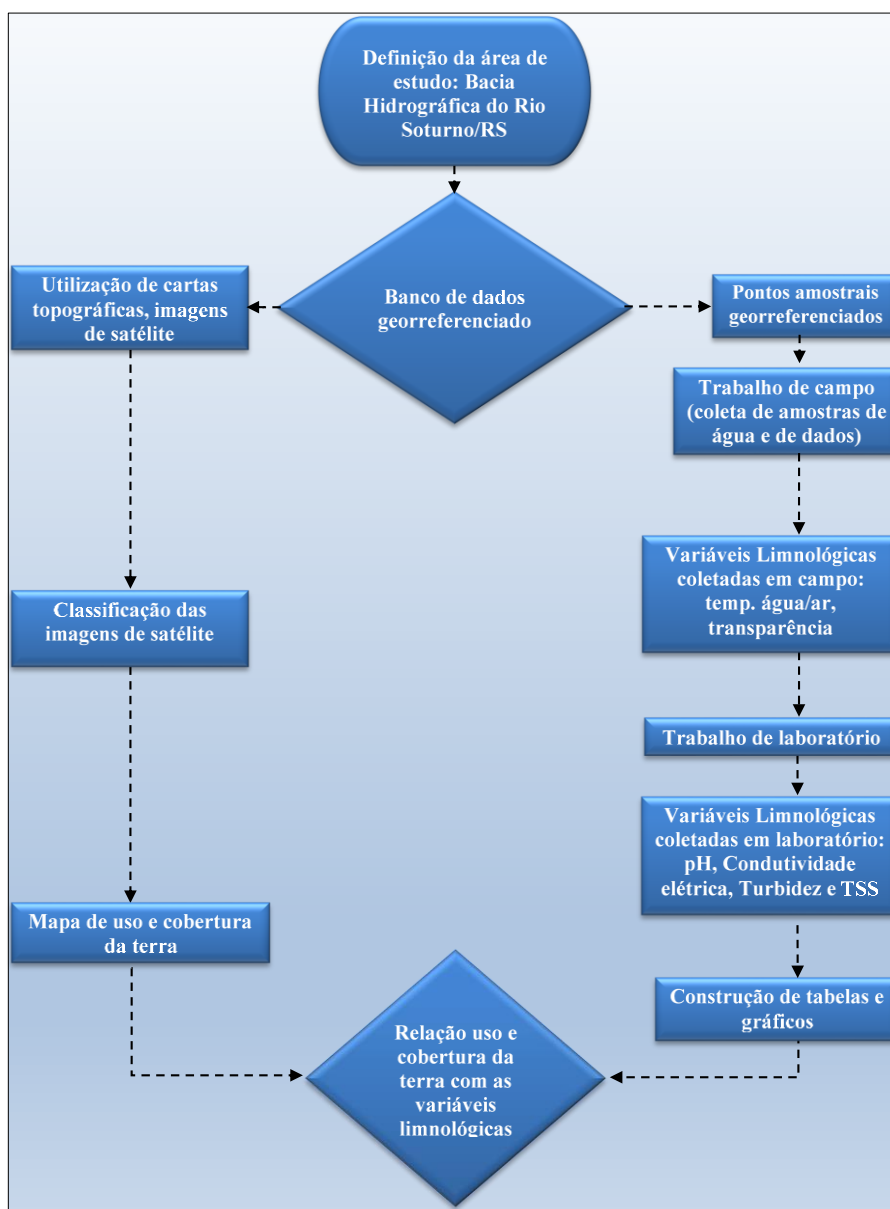


Figura 3 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos para o desenvolvimento da pesquisa

3.1 Trabalho de campo e localização dos pontos amostrais

As coletas de amostras de água na área de estudo foram realizadas de duas maneiras distintas. Inicialmente as coletas foram realizadas num único ponto localizado junto a ponte sobre o rio Soturno na RS-149, entre a divisa dos municípios de São João do Polêsine e Faxinal do Soturno. Os campos transcorreram entre os dias 15 de junho e 30 de novembro de 2014 sendo realizadas amostragens semanais, totalizando 25 coletas neste período. Este ponto foi escolhido pela proximidade e facilidade de acesso para a coleta das amostras de água.

A outra maneira de coleta foi realizada no dia 14 de novembro de 2014 em etapa única, onde 12 pontos amostrais foram distribuídos ao longo da bacia hidrográfica, desde os afluentes formadores do rio Soturno localizado no extremo norte, até chegar ao último ponto amostral localizado na ponte da RS-149 entre São João do Polêsine e Faxinal do Soturno. Desta forma procurou-se contemplar todos os compartimentos geomorfológicos (Planalto Meridional, Rebordo do Planalto Meridional e Depressão Central) na distribuição das estações amostrais, cada um destes, recebeu no mínimo três pontos amostrais. As coletas iniciaram às 9 horas e terminaram às 16 horas (horário de verão). A temperatura do ar variou de 19 °C no período matutino a 27 °C no período vespertino, o tempo estava ensolarado, vento sul de intensidade fraca a moderada.

Quanto a localização dos pontos na coleta do dia 14 de novembro, as seguintes informações são importantes serem mencionadas, pois facilitam a análise dos dados. No Planalto estão localizados os pontos amostrais 1, 2 e 3; no Rebordo os pontos 4, 5, 6 e 11 e, na Depressão os pontos 7, 8, 9, 10 e 12. Em afluentes do rio Soturno foram alocados os pontos 1, 2, 3, 4, 6, 10 e 11, sendo que, os dois últimos pontos estão no rio Melo, o afluente mais importante do rio Soturno. Já os pontos 5, 7, 8, 9 e 12 estão situados no leito principal do rio Soturno, como podemos verificar na figura 4.

Podemos observar nas figuras 5, 6 e 7, sequência de fotografias obtidas no trabalho de campo para evidenciar a situação encontrada em cada uma das estações amostrais no dia da coleta das amostras de água. Para elaboração deste mapa foi utilizada a malha digital da rede viária e das áreas urbanizadas em formato *shapefile* da Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul - Escala 1:50.000 (HASENACK; WEBER, 2010).

Mapa dos compartimentos geomorfológicos e distribuição das estações amostrais na bacia hidrográfica do rio Soturno-RS

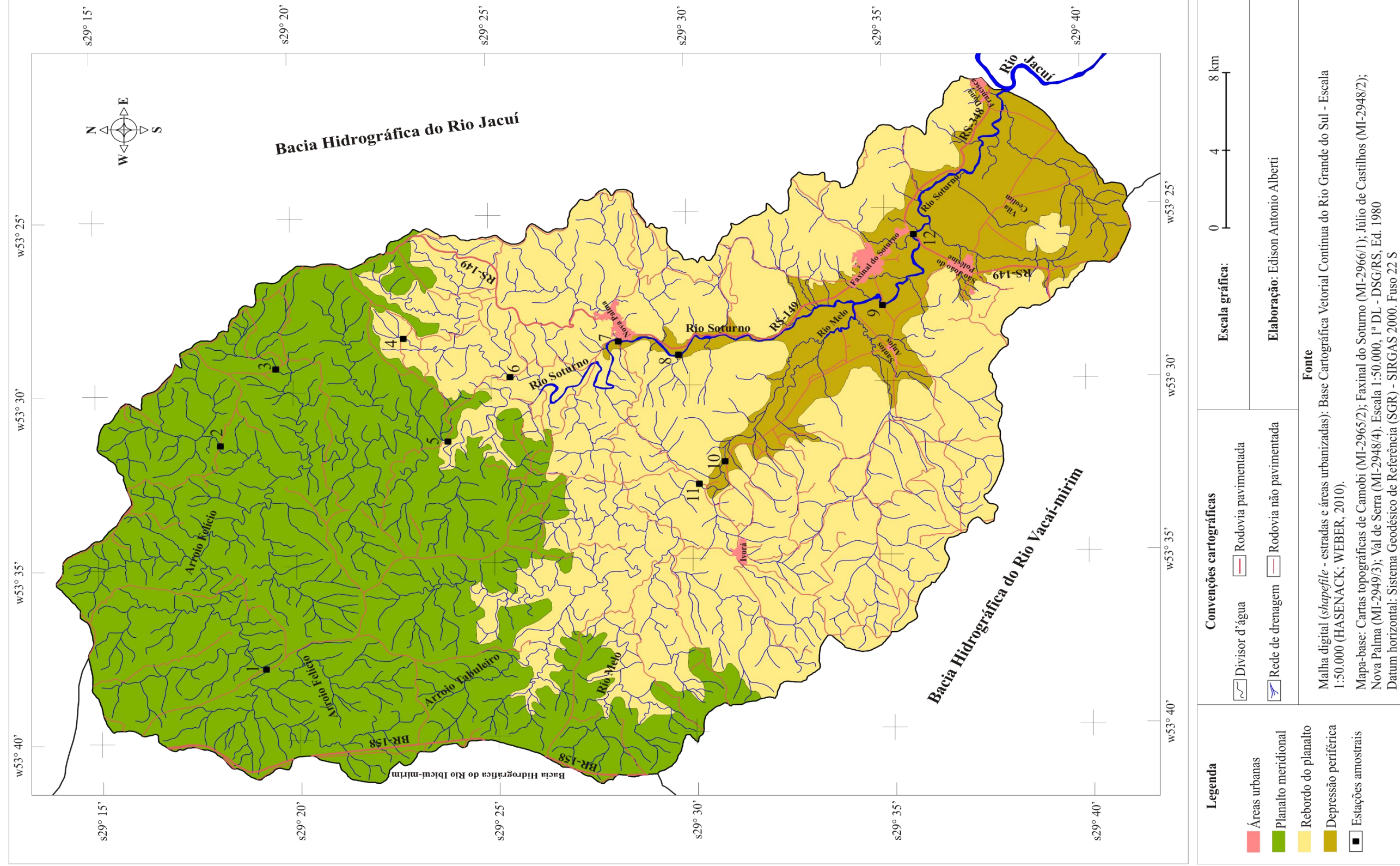



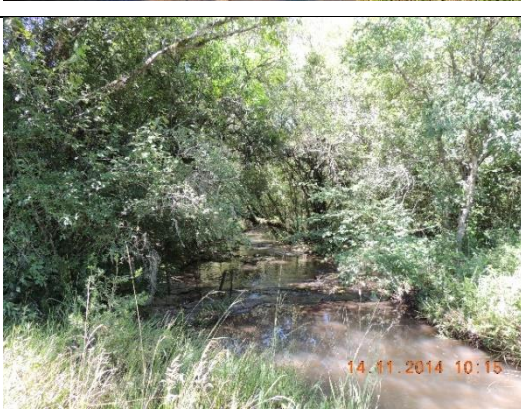






Figura 4 – Mapa dos compartimentos geomorfológicos e distribuição das estações amostrais na Bacia Hidrográfica do Rio Soturno - RS

	<p>Ponto amostral 1 Localizado a 29° 19' 08,0" latitude sul e 53° 37' 59,2" de longitude oeste. Estrada de terra, liga Júlio de Castilhos a Nova Palma. A montante do ponto a mata ciliar apresenta-se bem preservada, mas em alguns trechos a vegetação foi suprimida. Áreas próximas cercada por lavouras e campos para pecuária. - Arroio Felício</p>
	<p>Ponto amostral 2 Localizado a 29° 18' 09,4" latitude sul e 53° 31' 27,9" de longitude oeste. Ponto localizado em estrada de terra dentro da fazenda Botega, cercado por lavouras e campos de pecuária. Muitos caminhos e estradas cortam as drenagens. - Fazenda Botêga</p>
	<p>Ponto amostral 3 Localizado a 29° 19' 36,9" latitude sul e 53° 29' 14,4" de longitude oeste. Caminho de terra de acesso as fazendas, áreas nas proximidades intercalando lavouras e pecuária. A montante deste ponto a mata ciliar está preservada, mas apresenta trechos próximos a divisa da bacia com vegetação rala. - Arroio (manilha)</p>
	<p>Ponto amostral 4 Localizado a 29° 22' 50,1" latitude sul e 53° 28' 31,7" de longitude oeste. Estrada de terra em área mais declivosa, intercalando áreas de agricultura com pecuária, com predomínio desta. Vegetação mais densa não só nas drenagens como também nas áreas mais íngremes. - Início rebordo</p>





Fonte: Edison Antonio Alberti

Figura 5 – Pontos amostrais localizados no Planalto Meridional e início do Rebordo

	<p>Ponto amostral 5 Localizado a 29° 23' 59,9" latitude sul e 53° 31' 31,0" de longitude oeste. Ponto localizado no rio Soturno a jusante da usina Cafundó, área íngreme com vegetação mais densa, em alguns trechos a mata ciliar é mais rala, predomínio de áreas de pecuária em áreas mais íngremes do Rebordo do Planalto. -Usina Cafundó</p>
	<p>Ponto amostral 6 Localizado a 29° 25' 28,6" latitude sul e 53° 29' 39,4" de longitude oeste. Ponto localizado na ponte sobre o Lajeado Pedras Brancas em área do Rebordo do Planalto, com vertente bem encaixada, pecuária predomina nas áreas mais íngremes e agricultura nas áreas mais planas. - Ponte Lajeado Pedras Brancas</p>
	<p>Ponto amostral 7 Localizado a 29° 28' 13,1" latitude sul e 53° 28' 43,4" de longitude oeste. Ponto localizado no balneário em Nova Palma, perímetro urbano da cidade na margem esquerda e áreas agrícolas na margem direita. Pequena estrutura de concreto represa a água para o banho. A partir deste ponto para jusante começam as lavouras de arroz. - Balneário Nova Palma</p>
	<p>Ponto amostral 8 Localizado a 29° 29' 46,4" latitude sul e 53° 29' 08,9" de longitude oeste. Ponto de coleta localizado na Depressão Periférica, muitos trechos das margens do rio Soturno, tanto a montante quanto a jusante sem a presença da mata ciliar. - Pinguela</p>

Fonte: Edison Antonio Alberti

Figura 6 – Pontos localizados no Rebordo do Planalto Meridional

	<p>Ponto amostral 9 Localizado a 29° 34' 59,8" latitude sul e 53° 27' 51,9" de longitude oeste. Ponto localizado próximo a antiga ponte de ferro, presença de bancos de areia e margens sem mata ciliar e erodidas. Cercado por lavouras de arroz irrigado. - Ponte de ferro</p>
	<p>Ponto amostral 10 Localizado a 29° 30' 52,4" latitude sul e 53° 31' 07,5" de longitude oeste. Ponto localizado na ponte sobre o rio Melo, afluente do rio Soturno, muitos trechos da margem do rio sem a presença da mata ciliar. Maior parte das lavouras de arroz, neste setor do rio estão na margem direita. Presença de banco de areia no leito do rio. - Rio Melo (ponte)</p>
	<p>Ponto amostral 11 Localizado a 29° 30' 24,4" latitude sul e 53° 33' 01,3" de longitude oeste. Ponto localizado na região de transição entre a Depressão Central e o Rebordo do Planalto, ainda nota-se a presença de lavouras de arroz neste setor do rio. Intercalam-se áreas com e sem a presença de mata ciliar. - Rio Melo (passo)</p>
	<p>Ponto amostral 12 Localizado a 29° 35' 44,5" latitude sul e 53° 25' 49,0" de longitude oeste. Ponto localizado junto a ponte sobre o rio Soturno na RS-149, na divisa entre os municípios de São João do Polêsine e Faxinal do Soturno. Presença de bancos de areia no leito do rio. - Ponte na divisa entre São João do Polêsine e Faxinal do Soturno</p>

Fonte: Edison Antonio Alberti

Figura 7 – Pontos localizados na Depressão Central ou Periférica

3.2 Materiais empregados

Para a execução deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais (Figura 8):

1) Cartas Topográficas: como base cartográfica para a elaboração do mapa base, folhas: Camobi (SH.22.V-C-IV-2), Faxinal do Soturno (SH.22.V-C-V-I), Júlio de Castilhos (SH.22.V-C-I-2), Nova Palma (SH.22.V-C-II-3) e Val de Serra (SH.22.V-C-I-4), escala 1:50.000 para a delimitação da área de estudo, elaboradas pela Diretoria de Serviços Geográficos (DSG, 1980);

2) Imagens de Satélite: imagens OLI (*Operational Land Imager*) do satélite Landsat-8 órbitas ponto 222/80 e 222/81, resolução espacial de 30 metros, nas seguintes datas, 28/01/2014 e 09/09/2014 disponibilizadas pela USGS – *United States Geological Survey*, no site (www.earthexplores.usgs.gov), ambas as imagens georeferenciadas;

3) Dados Pluviométricos: Esses dados foram adquiridos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (www.inmet.gov.br), via dados históricos do BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) da estação meteorológica de Santa Maria (OMM: 83936), localizada a 29,7° de latitude sul e 53,7° de longitude oeste e altitude de 95 m, no campus da UFSM;

4) Programas de informática: foi utilizado o *software* SPRING 4.3.3 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) e seus aplicativos (IMPIMA, IPLOT e SCARTA), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (CÂMARA, et al. 1996). Também foi utilizado os *softwares*: *Microsoft Word* e *Microsoft Excel*, o *Spectral Transformer* tendo como suporte o sistema operacional da plataforma *Windows*, e também o *software Google Earth Pro* (GOOGLE, 2015);

5) Recipientes: garrafas plásticas com capacidade de um litro para armazenar a água coletada;

6) GPS (*Global Positioning System*): Garmin EteX de precisão de 5 metros, para o georreferenciamento dos pontos de coleta;

7) Disco de Secchi: para a determinação da transparência da água (Figura 8a);

8) Termômetro digital: para a coleta da temperatura do ar e da água a campo (Figura 8b);

9) Conjunto para filtrar e bomba de vácuo (Primatec): foi utilizado aparelho de filtração acoplado a bomba de vácuo (Figura 8c);

10) Condutivímetro (HANNA - HI99300): para determinação da condutividade elétrica, calibrado com solução padrão 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 8d);

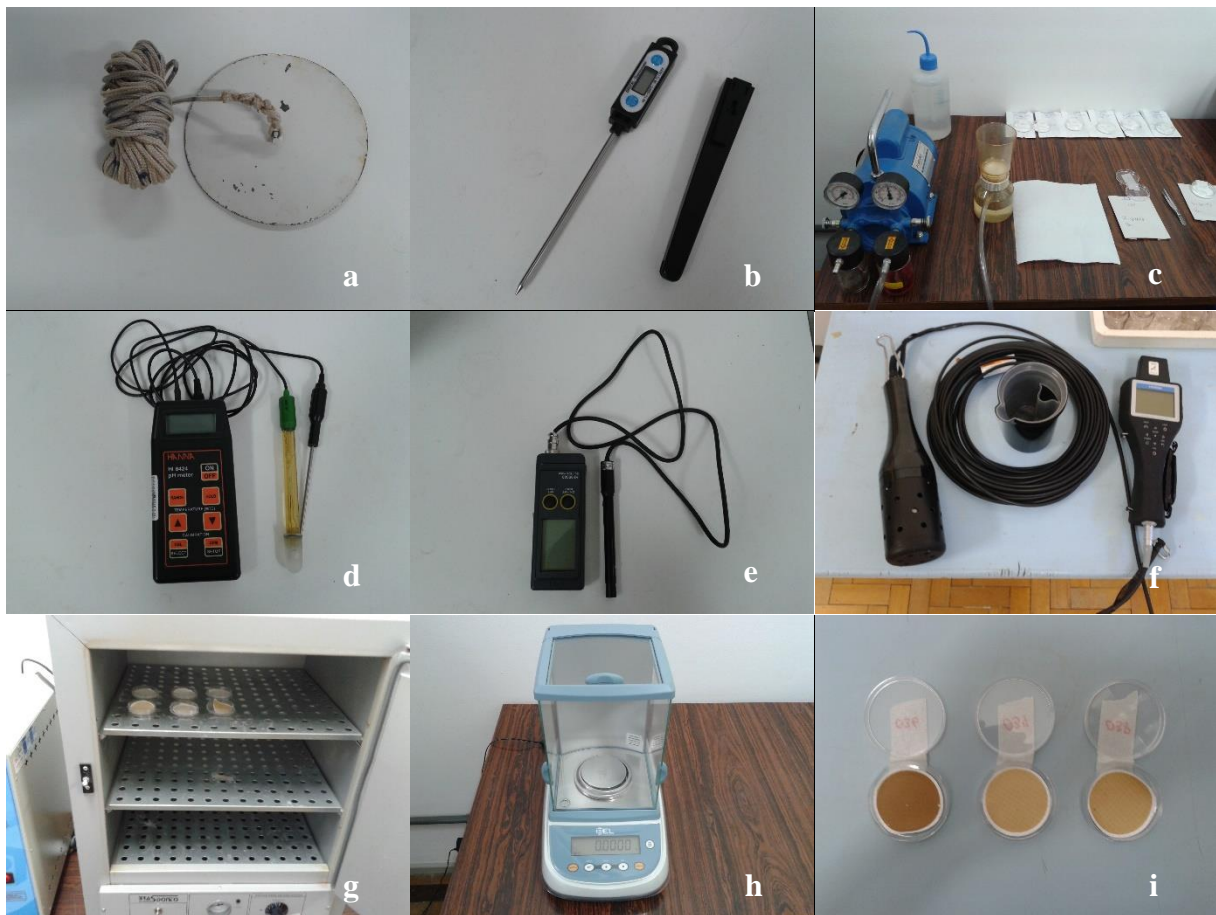
11) Peagâmetro (HANNA - HI8424): utilizado para registrar o pH (potencial hidrogeniônico) das amostras de água, calibrado com solução padrão pH 4 e pH 7 (Figura 8e);

12) Sonda multiparâmetro (Horiba - U53): para a determinação da turbidez (Figura 8f);

13) Estufa: foi utilizada a estufa de esterilização universal, para secagem dos filtros (Figura 8g);

14) Balança (BEL-210A/classe I): foi utilizada a balança de precisão para a pesagem dos filtros (Figura 8h);

15) Filtros de celulose: (Membrana HA em ester de celulose, 0,45 μm de poro, 47 mm de diâmetro, branca, quadriculada, estéril) para determinação do TSS, fabricados pela Millipore e Placas de Petri: recipiente de vidro e/ou plástico para acondicionar os filtros (Figura 8i).



Fonte: Edison Antonio Alberti

Figura 8 – Mosaico de fotografias dos equipamentos utilizados para obtenção dos dados das variáveis limnológicas

3.3 Aquisição e processamento de imagem de satélite

A classificação de imagens de satélite é o processo de identificação de diversos temas dentro da imagem, através do reconhecimento de padrões de intensidade e tonalidade dos pixels. Através de procedimentos subdivide-se a imagem em porções organizadas em classes ou temas de uso do solo. Por exemplo: florestas, solo exposto, área urbana, pastagens, agricultura, entre outras. A classificação permite obter dados visuais e estatísticos sobre a imagem, podendo-se, por exemplo, calcular áreas. Avaliando a área de estudo através de percentagens dos temas na imagem. Um exemplo de produto final do processo de classificação é um mapa temático de uso do solo.

Para este trabalho na delimitação do divisor de águas foi utilizado o software SPRING 4.3.3, este um SIG – Sistema de Informações Geográficas, largamente utilizado para a confecção de mapas georeferenciados e para o processamento das imagens de satélite para a análise das variáveis geográficas.

Assim, foram armazenados como planos de informação (PI) os elementos digitalizados com base nas cartas topográficas selecionadas (drenagem, rede viária e estradas), além das imagens *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat-8 referente à área de estudo para a confecção dos mapas de uso e cobertura da terra. Estas imagens foram adquiridas do *United States Geological Survey* – USGS, no site www.earthexplores.usgs.gov, as imagens podem ser adquiridas gratuitamente.

Após a importação para o banco de dados, foram geradas imagens sintéticas referentes a composição colorida associadas aos canais 4R 3G 2B do espectro eletromagnético nas cores vermelho, verde e azul respectivamente, e, realçadas pela técnica de Ampliação Linear de Contraste, visando melhorar a qualidade visual e destacar as feições de interesse, de modo a facilitar posteriormente a coleta de amostras de treinamento na etapa de classificação de imagens.

Utilizou-se a classificação supervisionada por pixel, ou seja, seleção e delimitação manual de amostras para cada uma das classes: floresta, campo, solo exposto, agricultura, água e sombra. Várias combinações foram realizadas na imagem trabalhada, e no final escolhendo-se o melhor resultado.

Entretanto, neste tipo de classificação a classe temática água gerava confusão principalmente com as classes temáticas solo exposto e floresta. Sendo assim, optou-se pela delimitação dos polígonos de todos os açudes presentes na área de estudo, e também a

delimitação dos polígonos dos rios Soturno e Melo, onde estes estavam representados desta forma nas cartas topográficas.

Para a delimitação dos polígonos dos açudes procedeu-se da seguinte forma: utilizou-se as imagens de alta resolução espacial do *Google Earth Pro* (GOOGLE, 2015) para a localização destes e, posteriormente na imagem Landsat-8, fez-se a digitalização dos polígonos exatamente no ponto onde estavam localizados os açudes. Para a classe temática áreas urbanas também realizou-se a digitalização do polígono contornando o perímetro urbano das áreas mais representativas desta classe. Foram digitalizados os perímetros urbanos das sedes dos municípios de Nova Palma, Ivorá, Faxinal do Soturno, Dona Francisca e São João do Polêsine e os distritos de Santos Anjos e Vila Ceolim pertencentes a Faxinal do Soturno e São João do Polêsine, respectivamente. Do perímetro urbano de Dona Francisca, somente metade pertence a área de estudo.

De posse das convenções cartográficas pré-estabelecidas, adquire-se amostras de treinamento e teste na imagem, as quais foram submetidas a uma avaliação do desempenho, através da classificação digital supervisionada. Este procedimento ocorre através da análise individual de cada classe e suas respectivas amostras utilizando limiar de aceitação de 99,99% (para classificar todos os pixels) Máxima Verossimilhança (*Maxver*). Com a conclusão dessas etapas, realizou-se o mapeamento para as geoclasses, visando a criação dos mapas temáticos.

Em sequência são brevemente descritas as características de cada classe de uso da terra e no comportamento espectral dos alvos:

Floresta: corresponde à área de vegetação arbórea e arbustiva, podendo ser floresta primária nativas, secundárias ou plantadas e a vegetação de porte arbustivo homogêneo;

Campo: corresponde à área ocupada para pastagem nativas ou cultivadas, área de campo sujo e áreas se pousio;

Agricultura: corresponde aos tipos de culturas existentes na área, tendo em conta a época de obtenção de imagem de satélite e o período do ano;

Solo Exposto: áreas preparadas para o plantio, desprovidas de vegetação ou pós colheita, bem como, toda área onde predomina o solo exposto, por exemplo, caminhos e estradas não pavimentadas;

Água: corresponde aos açudes e represas destinados à irrigação e a dessedentação de animais e represas (lagos artificiais) destinadas ao abastecimento humano, bem como aos pântanos;

Áreas Urbanas: espaço ocupado por uma cidade, caracterizado pela edificação contínua e pela existência de infraestrutura urbana, e;

Sombra: corresponde as áreas desprovidas de iluminação solar, devido ao recobrimento de nuvens ou áreas fortemente inclinadas as quais projetam sombras no lado oposto a incidência dos raios solares.

3.4 Construção do banco de dados georreferenciado

Dentre as geotecnologias o sensoriamento remoto permite o acesso e grande disponibilização de informações geoespaciais, e largamente utilizado devido à rapidez e periodicidade na obtenção de dados sobre a superfície terrestre, constituindo-se numa das formas mais eficazes de monitoramento ambiental em escala local e global (JACINTHO, 2003).

O melhor aproveitamento destes dados, grande parte deles georreferenciados, demanda uma sistematização no armazenamento e na organização das informações (HOLANDA, 2008). No rastro desta expansão muitos softwares de geoprocessamento foram desenvolvidos para esta finalidade.

O SPRING (Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas), conta com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno (MNT), consulta a banco de dados espaciais e a contínua atualização desses dados.

Os dados coletados e armazenados num banco de dados georreferenciado, é composto de dois tipos de dados: (a) dados geográficos – definem onde as feições ocorrem, ou seja, localização entre os pontos de coordenadas e; (b) dados de atributos descritivos – registram o que as feições cartográficas representam. O georreferenciamento inclui a captura de pontos de controle, extraídos a partir da carta topográfica. Nesta situação o georreferenciamento é de fundamental importância, pois os diferentes planos de informações (PI) devem possuir o mesmo sistema de referência para que possam ser sobrepostos (STRASSBURGER, 2005).

A criação de um banco de dados envolve a codificação dos dados e seu georreferenciamento, ou seja, tornar as coordenadas do projeto conhecidas junto a um dado sistema de referência cartográfica. Assim as informações lançadas ficam posicionadas no local correto do mapa.

3.5 Georreferenciamento das cartas topográficas e inserção das imagens de satélite

Para o georreferenciamento e registro das cartas topográficas procedeu-se da seguinte forma:

1ª etapa: Aquisição das cartas topográficas em papel e a delimitação da área de estudo; que foi realizado traçando-se uma linha seguindo o divisor d'água que separam as bacias hidrográficas, tendo como base as curvas de nível e a rede de drenagem. Este é um procedimento analógico a passagem para dado digital foi realizado no SPRING na quinta etapa.

2ª etapa: É a digitalização destas cartas utilizando um escâner ou a aquisição dos arquivos no formato TIFF (*Tagged Image File Format*).

3ª etapa: Utilizando o software IMPIMA fez-se a conversão das cartas topográficas de arquivo no formato TIFF para arquivo no formato GRIB (*Gridded binary*). O módulo IMPIMA do produto SPRING é utilizado somente para se obter uma imagem no formato GRIB, adquiridas a partir de imagens de satélite ou a conversão de imagens nos formatos TIFF, RAW e SITIM.

4ª etapa: Utilizando-se o SPRING fez-se o registro de imagem. O registro das cartas topográficas foi realizado no momento da importação para o banco de dados georreferenciado, através da aquisição de pontos de controle distribuídos aleatoriamente a partir das cartas topográficas.

5ª etapa: Delimitação da bacia hidrográfica. Utilizando-se o software SPRING 4.3.3 fez-se à passagem para dado digital do procedimento realizado na 1ª etapa. O procedimento foi realizado com a visualização das cartas na tela do computador. Posterior a esta fase fez-se a edição vetorial que é a digitalização da rede de drenagem e os perímetros urbanos.

As imagens de satélite por possuírem um sistema de georreferenciamento, foram inseridas diretamente no banco de dados. Entretanto quando a imagem é inserida esta é novamente georeferenciada para o sistema de projeção e *datum* utilizados no projeto. As bandas espectrais inseridas foram as dos canais 2 (*blue*), 3 (*green*), 4 (*red*) e 8 (*panchromatic*), necessárias para a interpretação da imagem para a classificação do uso da terra.

As imagens Landsat-8 nas bandas espectrais 2, 3 e 4, tem resolução espacial de 30 m x 30 m, já a banda 8 possui resolução espacial de 15 m. Para que a imagens de satélite adquirissem melhor resolução espacial, foi utilizado o *software Spectral Transformer* para Landsat-8, que tem a função de fusionar as imagens na resolução de 30 m com a pancromática de 15 m. O

objetivo é utilizar a imagem multiespectral para colorir a pancromática e melhorar a resolução espacial.

Ao se fusionar a banda PAN (tons de cinza) de 15 m de resolução espacial com outras bandas multiespectrais (coloridas) de 30 m, a resolução espacial final será de 15 m.

3.6 Trabalho de campo e determinação das variáveis limnológicas

Durante a realização das coletas de amostras de água no rio Soturno, procurou-se contemplar períodos climáticos distintos e pontos de coletas distribuídos em todos os compartimentos geomorfológicos. A definição da localização dos pontos amostrais foi realizada no *software Google Earth Pro* (GOOGLE, 2015) no qual foi possível visualizar áreas em que havia acesso de carro como pontes de modo a facilitar a acessibilidade aos pontos amostrais e que podem ser coletadas amostras na margem do rio. As amostras de água foram coletadas sempre em locais com fluxo contínuo e homogêneo. Também foram consideradas as condições de estabilidade do leito, presença da mata ciliar, processos erosivos nas margens e presença de bancos de areia (assoreamento).

Para a coleta dos dados de limnologia foi utilizado equipamentos apropriados para essa finalidade, como por exemplo, a sonda “Horiba U53” para a determinação da turbidez, o phmetro para o levantamento do pH e o condutivímetro para a determinação da condutividade elétrica. A variável transparência da água foi conseguida utilizando o disco de Secchi.

As variáveis identificadas em laboratório foram: total de sólidos em suspensão (TSS), condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), e a turbidez. Já as variáveis identificadas em campo (*in situ*) foram: transparência da água, temperatura do ar, temperatura da água, bem como, a observação das condições atmosféricas.

Para as coletas das amostras de água foi utilizada a metodologia proposta na literatura, que especifica a forma correta para coleta, transporte e armazenamento das amostras, conforme normas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, a partir da metodologia definida em Agudo et al. (1987).

As condições atmosféricas observadas a campo são a temperatura do ar e da água superficial, medidas com termômetro de mercúrio. Já a cobertura de nuvens, por observação visual. Essas informações foram complementadas com os dados de precipitação registradas pela Estação Automática de Santa Maria/INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (Latitude:

29,7° Sul; Longitude: 53,7° Oeste; Altitude: 95 metros), localizada no campus da Universidade Federa de Santa Maria.

3.7 Metodologia para determinação do TSS

Para a determinação dos valores de TSS em laboratório foi realizado com método de filtração da água conforme apresentado em APHA (2005). Na indicação do TSS foi utilizado filtro de celulose (Marca Millipore - HAWG047S0) constituído por membranas HA em Ester de celulose com poros de 0,45 µm, diâmetro de 47 mm, branco, quadriculado, estéril (MILLIPORE, 2011). Todo o procedimento de filtração das amostras de água foi realizado em laboratório a partir da água coletada.

Para a obtenção dos valores de TSS foram realizadas as seguintes etapas:

a) De posse dos filtros, todos devidamente numerados e acondicionados em placas de *petri*, a primeira etapa consiste na secagem dos filtros para a perda da umidade, realizada em estufa a uma temperatura de 60 °C por um período de 24 horas.

b) A segunda etapa consiste na pesagem dos filtros para a determinação do peso inicial [P_{i_g} =Peso inicial (g)], uma das unidades da equação que determinará os valores de TSS. A pesagem foi realizada em balança de precisão Bel® Engineering-210A/classe I, com precisão de quatro casas decimais após a virgula (acurácia de 0,0001 g).

c) A terceira etapa consiste na filtração das amostras feitas com o auxílio de um conjunto para filtrar. As garrafas de água são agitadas antes de proceder à filtração para homogeneizar a amostra e a medida do volume da água é feita com uma proveta. No processo de filtração, o filtro é colocado numa base de apoio de um funil que está devidamente ajustado ao conjunto de filtração, unido a uma bomba de vácuo elétrica.

d) A quarta etapa consiste novamente em secar os filtros a uma temperatura de 60 °C durante 24 horas após os filtros são pesados novamente para determinar seu peso final [P_{f_g} =Peso final (g)], outra unidade da equação.

De posse dos valores das pesagens, tanto do peso seco inicial (P_{i_g}) quanto do peso seco final (P_{f_g}), procede-se o cálculo. A diferença entre peso final e peso inicial após desidratação é a quantidade de sólidos total (TSS) presente nas amostras. De posse dos valores das pesagens,

procede-se o cálculo para se determinar a quantidade de sedimento por amostra. Utilizando-se para isso a equação (1).

$$TSS = \frac{P_{fg} - P_{ig}}{V} \times 1.000 \quad (1)$$

Onde:

TSS =total de sólidos em suspensão; P_{fg} =peso final (g); P_{ig} =peso inicial (g); V =volume (L).

3.8 Metodologia para a definição dos compartimentos Geomorfológicos

Para a diferenciação dos compartimentos geomorfológicos fez-se uso da metodologia encontrada em Ross (1990) nesta sequência: 1º) identificar áreas de texturas homogêneas nas imagens de satélite; 2º) verificar o entalhamento do terreno e as distâncias interfluviais através da realização de perfis topográficos; 3º) classificar áreas geomorfológicamente homogêneas.

A diferenciação entre os compartimentos geomorfológicos foi realizada sobre as cartas topográficas e imagem de satélite com o auxílio do SPRING. Foi feito o traçado da separação entre os compartimentos, observando-se visualmente as curvas de nível, e, simultaneamente visualizando a imagem de satélite para a identificação de áreas de texturas homogêneas sobre o terreno. Fez-se o contorno tangenciando a linha de ruptura da altimetria entre a Depressão Central ou Periférica e o Rebordo do Planalto Meridional e, entre este e o Planalto Meridional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo constitui-se da apresentação dos dados coletados a campo. Na interpretação dos resultados das análises das variáveis limnológicas e das variáveis geográficas, bem como, as correlações entre estas, foram elaboradas tabelas para visualização dos dados e confecção de gráficos para a interpretação dos mesmos.

Na tabela 3 são apresentados os resultados da classificação do uso da terra da bacia hidrográfica do rio Soturno, conforme os compartimentos geomorfológicos, com seus respectivos percentuais, bem como os critérios: cor, textura e forma adotada para cada classe na interpretação da imagem de satélite.

Tabela 3 – Quantificação do uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Soturno

VERÃO										
Classe	Cor na imagem de satélite	Forma	Textura	Planalto (km ²)	%	Rebordo (km ²)	%	Depressão (km ²)	%	Σ (km ²)
Floresta	Verde	Irregular	Rugosa	104,77	10,61%	255,82	25,91%	15,06	1,53%	375,64
Água	Azul	Irregular	Lisa	1,51	0,15%	1,64	0,17%	5,02	0,51%	8,17
Campo	Amarelo	Irregular	Lisa	118,37	11,99%	75,76	7,67%	11,91	1,21%	206,05
Agricultura	Marrom	Irregular	Lisa	167,39	16,96%	40,09	4,06%	67,20	6,81%	274,67
Solo exposto	Vermelha	Regular	Rugosa	25,76	2,61%	65,09	6,59%	13,66	1,38%	104,51
Áreas urbanas	Magenta	Regular	Mosqueada	0,00	0,00%	2,02	0,20%	3,63	0,37%	5,65
Sombra	Preto	Irregular	Lisa	0,12	0,01%	12,37	1,25%	0,00	0,00%	12,49
TOTAL	-	-	-	417,93	42,34%	452,77	45,86%	116,48	11,80%	987,18
INVERNO										
Classe	Cor na imagem de satélite	Forma	Textura	Planalto (km ²)	%	Rebordo (km ²)	%	Depressão (km ²)	%	Σ (km ²)
Floresta	Verde	Irregular	Rugosa	98,30	9,96%	242,44	24,56%	21,31	2,16%	362,05
Água	Azul	Irregular	Lisa	1,51	0,15%	1,64	0,17%	5,02	0,51%	8,17
Campo	Amarelo	Irregular	Lisa	270,73	27,42%	170,34	17,26%	41,38	4,19%	482,45
Agricultura	Marrom	Irregular	Lisa	33,98	3,44%	3,22	0,33%	0,06	0,01%	37,26
Solo exposto	Vermelha	Regular	Rugosa	12,76	1,29%	9,88	1,00%	45,05	4,56%	67,69
Áreas urbanas	Magenta	Regular	Mosqueada	0,00	0,00%	2,02	0,20%	3,63	0,37%	5,65
Sombra	Preto	Irregular	Lisa	0,63	0,06%	23,28	2,36%	0,00	0,00%	23,91
TOTAL	-	-	-	417,91	42,33%	452,82	45,87%	116,45	11,80%	987,18

Fonte: Edison Antonio Alberti

Obs.: As imagens Landsat-8 composição RGB432 geradas nos dias 28-01-2014 e 09-09-2014, respectivamente verão e inverno.

Observamos na tabela acima que o campo e a agricultura foram as classes temáticas que mais modificaram suas áreas na comparação entre o verão e o inverno. A classe campo passou de 206,05 km² no verão para 482,45 km² no inverno, o que significa acréscimo de 234,15% desta classe no inverno, provavelmente isso ocorreu porque boa parte das áreas agrícolas

ficarem em pousio no inverno possibilitando o crescimento de vegetação rasteira, que, comporta-se na imagem de satélite como campo nativo numa classificação do uso da terra.

Já na classe temática agricultura ocorreu o contrário, ou seja, a área plantada decresceu significativamente no inverno em comparação ao verão, ocupando somente 13,56% da bacia hidrográfica nesta estação do ano, demonstrando que a aptidão e a utilização do solo para a agricultura é mais intensa no verão do que no inverno.

No quadro 2 estão representados os dados das variáveis limnológicas das 25 coletas de água no ponto localizado na ponte da rodovia RS-149 sobre o rio Soturno na divisa entre os municípios de São João do Polêsine e Faxinal do Soturno. As coletas foram realizadas entre os dias 15/06/2014 a 30/11/2014.

Ordem	Data coleta	Temp. do Ar (°C)	Temp. da Água (°C)	Transparência ¹ (cm)	Precipitação**	pH ²	CE ³ (µS/cm)	Turbidez (UNT)	TSS ⁴ (mg/L)
1 ^a	15/06/2014	16,5	17,3	33	37,6	6,07	86	47,10	30,67
2 ^a	22/06/2014	11,5	12,9	128	0,7	6,52	67	9,55	9,00
3 ^a	29/06/2014	15,5	16,3	15	172,0	6,67	43	175,00	169,85
4 ^a	06/07/2014	16,0	18,0	17	123,9	6,96	50	92,20	77,00
5 ^a	14/07/2014	18,0	16,4	100	0,0	7,09	61	10,70	7,33
6 ^a	21/07/2014	12,3	13,9	70	22,5	6,80	60	17,80	10,00
7 ^a	28/07/2014	9,5	12,8	60	135,2	6,55	56	30,00	22,67
8 ^a	04/08/2014	15,0	18,7	23	36,4	6,62	61	92,30	68,00
9 ^a	11/08/2014	18,0	16,6	40	18,9	6,50	65	44,30	27,33
10 ^a	18/08/2014	16,3	16,2	135	0,5	6,47	71	9,29	4,44
11 ^a	26/08/2014	11,5	17,1	145	3,6	6,39	77	4,68	3,33
12 ^a	1 ^o /09/2014	14,5	18,8	55	34,2	6,13	75	21,80	20,00
13 ^a	08/09/2014	17,0	17,6	35	67,9	6,28	50	69,10	52,00
14 ^a	15/09/2014	18,5	19,3	23	87,6	5,93	52	113,00	109,00
15 ^a	22/09/2014	14,5	17,9	87	0,2	5,98	67	16,90	10,67
16 ^a	29/09/2014	20,0	18,9	8	77,4	5,93	42	492,00	334,00
17 ^a	07/10/2014	20,0	18,1	30	70,3	5,90	51	65,70	49,33
18 ^a	14/10/2014	20,0	20,1	20	14,3	5,95	65	110,00	95,00
19 ^a	20/10/2014	17,0	19,3	25	114,6	5,79	50	84,30	61,00
20 ^a	28/10/2014	28,0	25,3	100	0,0	6,22	72	17,40	7,33
21 ^a	02/11/2014	23,5	21,9	70	75,5	5,86	61	28,40	10,67
22 ^a	10/11/2014	23,6	22,6	85	18,0	6,09	64	19,90	12,00
23 ^a	16/11/2014	31,8	26,1	100	7,8	6,22	76	16,10	10,00
24 ^a	23/11/2014	26,0	25,8	145	1,2	5,97	83	9,82	4,67
25 ^a	30/11/2014	29,5	28,1	90	19,2	6,03	80	18,80	14,67

Quadro 2 – Dados das variáveis limnológicas no ponto localizado na ponte sobre o rio Soturno na divisa entre os municípios de São João do Polêsine e Faxinal do Soturno

Obs.: 1) Disco de Secchi; 2) Potencial Hidrogeniônico; 3) Condutividade Elétrica; 4) Total de Sólidos em Suspensão.

** Somatório da precipitação pluviométrica nos 7 dias anteriores as coletas. Dados obtidos no *site* do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Coordenadas do ponto: latitude: 29° 35' 44,5"; longitude: 53° 25' 49,0".

4.1 Uso e cobertura da terra

Comparando-se o uso e ocupação da terra na área de estudo a partir da utilização de imagens de satélites geradas em períodos distintos, uma no verão e a outra no inverno, obtidas respectivamente nos dias 28 de janeiro de 2014 e a outra no dia 09 de setembro de 2014 (Figuras 9 e 10), obteve-se mudanças significativas neste período em algumas classes temáticas. Entretanto, as áreas classificadas com as classes temáticas água e áreas urbanas permaneceram com o mesmo tamanho, visto que, pouco tempo transcorreu entre uma imagem e outra para que ocorresse mudanças e fossem registradas pelo satélite.

Já nas classes temáticas, agricultura, campo, solo exposto, floresta e sombra ocorreram modificações significativas para mais ou para menos, as quais foram descritas a seguir.

Na imagem de satélite obtida no inverno a classe temática sombra aumentou aproximadamente 91,72% sua área em comparação a imagem obtida no verão. Isto deve-se ao fato de que no inverno o sol está mais inclinado (eclíptica) em relação ao mesmo horário no verão, pois o satélite passa sobre a área de estudo sempre no mesmo horário, aproximadamente às 13:30, portanto, proporcionando no inverno maiores áreas de sombra, principalmente no Rebordo do Planalto.

A classe temática solo exposto diminuiu sua área no inverno. No verão apresentou uma área de 104,51 km² e no inverno uma área de 67,69 km², o que não significa que seja somente solo exposto presente em áreas agrícolas, também podem ser incluídos áreas não agrícolas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, caminhos e estadas não pavimentadas, depósitos de sedimentos nas margens dos rios e áreas agrícolas recém colhidas.

O percentual de área ocupada de solo exposto para cada compartimento geomorfológico, sofreu mudança significativas entre o verão e o inverno. Na imagem do verão no Rebordo a área de solo exposto ocupou 62,28% deste compartimento, no Planalto vem a seguir ocupando uma área de 24,65% e, na Depressão com 13,07% da área. Já na imagem gerada no inverno houve uma inversão, ou seja, a Depressão tem a maior área de solo exposto, ocupando 66,55% da classe, o Planalto vem a seguir com 18,85% e, o Rebordo com 14,60% da área.

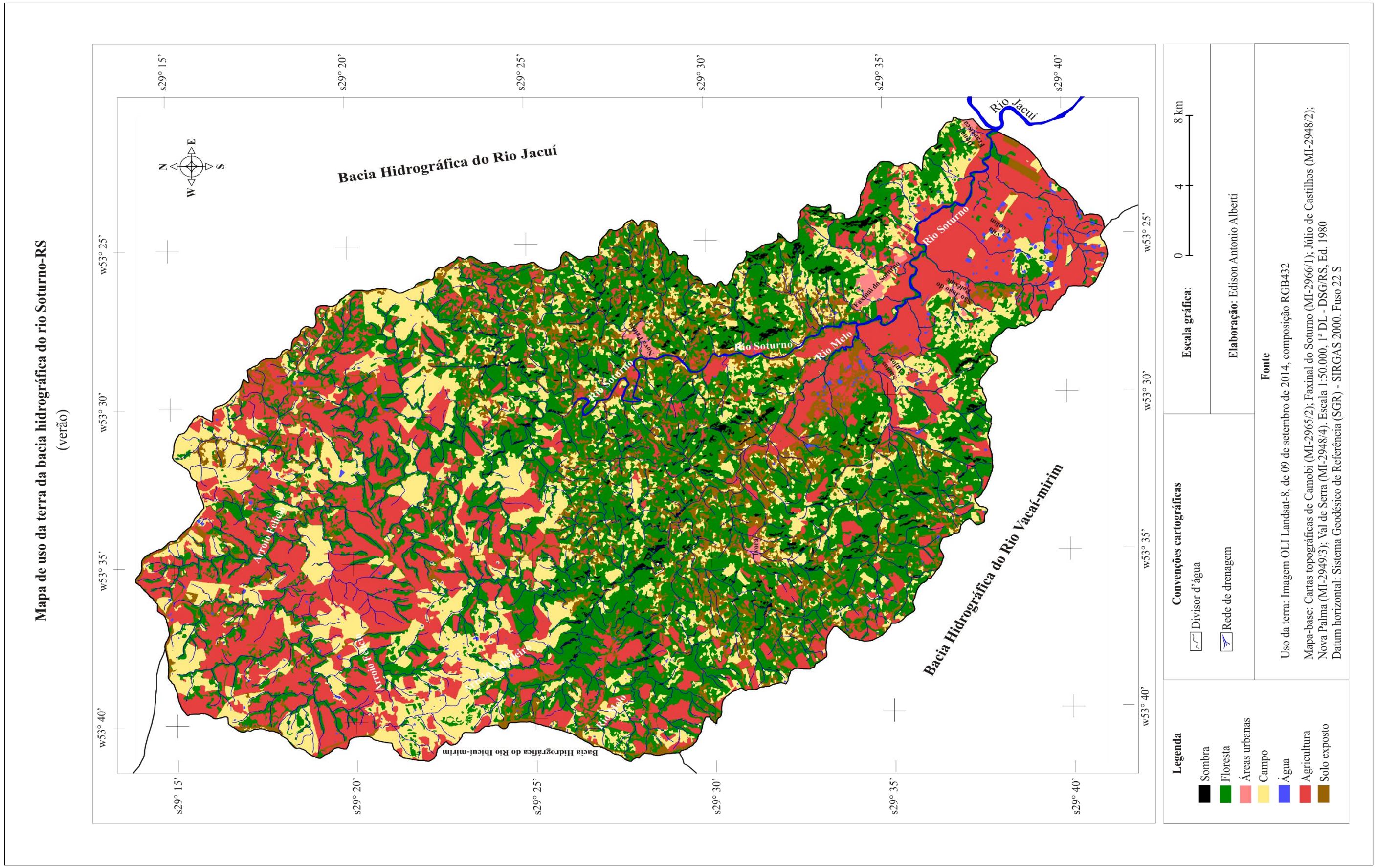


Figura 9 – Mapa de uso e ocupação da terra dia 28 de janeiro de 2014 (verão)

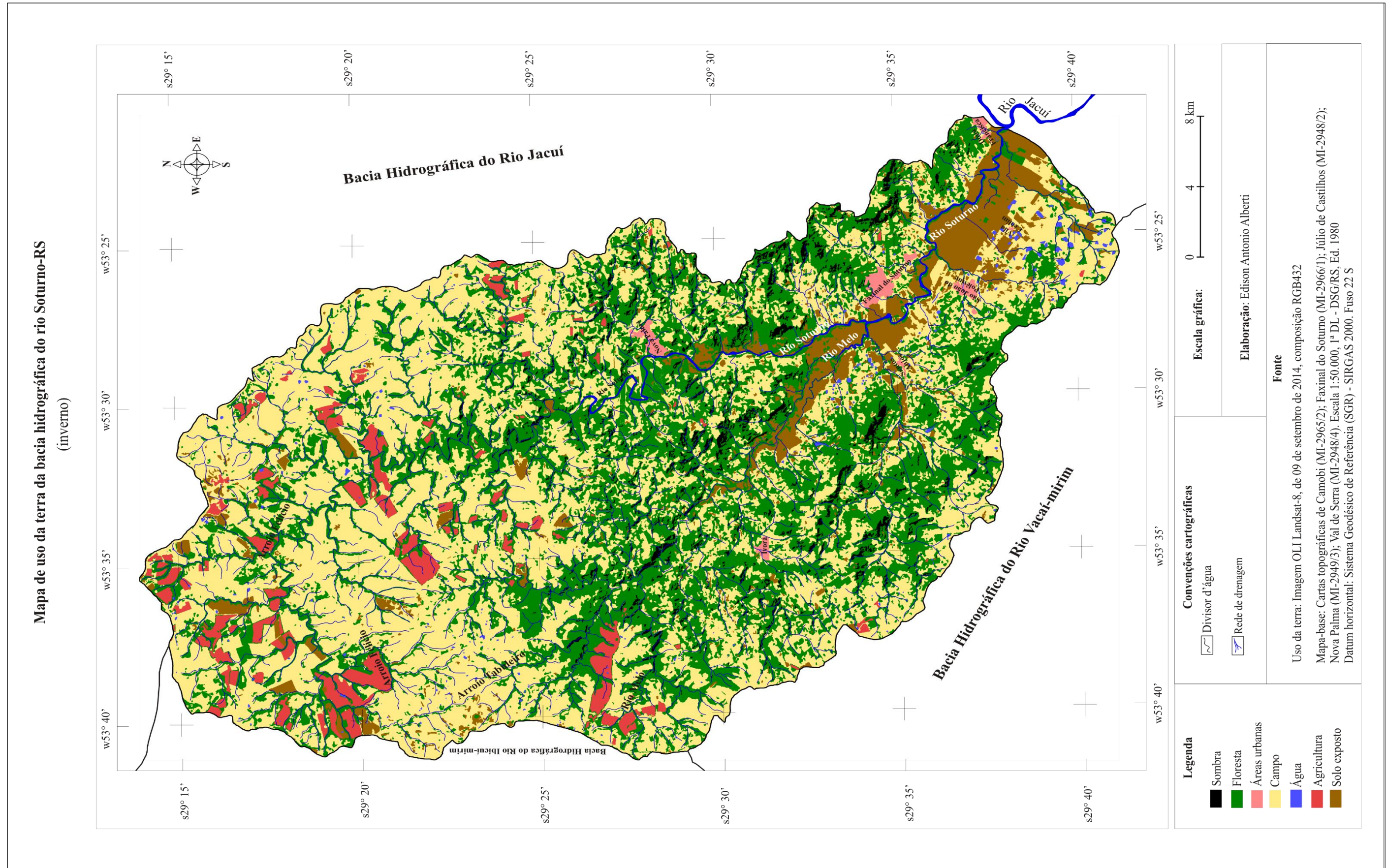


Figura 10 – Mapa de uso e ocupação da terra dia 09 de setembro de 2014 (inverno)

Áreas de solo exposto também tem impacto significativo na qualidade da água dos mananciais, principalmente na quantidade de sedimentos. Observamos que o mês de setembro indica o final do inverno e início da primavera. Marca também o período do início do preparo das terras para as culturas de verão, conseqüentemente aumentando as áreas com solo exposto. Neste mesmo mês fez-se cinco coletas de amostra de água, nos dias 1º, 08, 15, 22 e 29. Ocorreu mudanças significativas nos dados levantados, principalmente no TSS, Turbidez e Transparência.

No campo do dia 08 de setembro o TSS foi de 52,00 mg/L, no campo seguinte, dia 15 de setembro, mais que dobrou esse valor, chegando a 109,00 mg/L, entretanto na coleta seguinte, dia 22 de setembro, diminuiu para 10,67 mg/L, no campo do dia 29 de setembro o TSS chegou ao valor máximo de 334,00 mg/L entre todos campos realizados. Os valores de turbidez também mudaram na mesma proporção. Já a transparência é inversamente proporcional, neste caso, quanto menor o número desta variável, maior é a quantidade de sedimento presente na água, como verificado na última coleta em setembro com valor de somente 8 cm de transparência, indicando grande quantidade de sedimento presente na água.

Na classe temática floresta ocorreu um pequeno decréscimo de aproximadamente 3,62% na sua área na imagem de satélite obtida no inverno comparada com a imagem gerada no verão. Pode-se atribuir essa defasagem ao acréscimo de áreas com sombra, visto que, áreas mais sombreadas possuem cobertura vegetal mais homogênea e de maior porte, por serem áreas mais declivosas, portanto, inadequadas para as práticas agropecuárias.

As maiores áreas ocupada com floresta estão no Rebordo em ambas imagens, com percentual de 68,10% e 66,96%, verão e inverno respectivamente, o Planalto vem a seguir possuindo a segunda maior áreas ocupada com floresta, com 27,89% e 27,15%, respectivamente verão e inverno e, por último, a Depressão com 5,89% e 4,01%, respectivamente inverno e verão, visto que a Depressão é propícia a atividade primária, ou seja, possui áreas mais planas, facilitando desta forma o manejo do solo, desta forma as áreas com florestas cederam espaço para a agropecuária e a expansão urbana, outro problema importante a ser considerado é a falta de mata ciliar, pois essa se apresenta bem irregular ao longo de toda a rede de drenagem.

Áreas de campo foi a classe temática que mais expandiu, no verão somavam aproximadamente 206,05 km², já no inverno chegou a 482,45 km² (representando quase 50% da área total da bacia hidrográfica), o percentual de aumento foi de 134,15%. Pode ter influenciado para esse aumento a transformação de áreas agrícolas e de solo exposto em áreas de pastagem, ou seja, áreas com vegetação rente ao solo com as mesmas características das áreas de campo nativo, que, não necessariamente estejam destinadas a se transformar em

pastagens, mas sim, estão em pousio, possibilitando desta forma o crescimento dessa vegetação rasteira, e, neste caso, é registrada na imagem de satélite como áreas de campo nativo, por isso esse acréscimo significativo desta classe na imagem de setembro.

Já na classe temática agricultura ocorreu o contrário em relação a classe temática campo, ou seja, no inverno a área plantada diminuiu significativamente, passou de 274,68 km² no verão para somente 37,26 km² no inverno, o que significa diminuição na área plantada em 86,44%. Na Depressão onde praticamente toda a área destinada a agricultura fica em pousio no inverno, a área plantada é quase nula, como podemos observar na tabela 3, neste compartimento suas terras são propícias para as culturas de verão, principalmente o arroz irrigado, não se adaptando ao cultivo de inverno por serem áreas muito úmidas. Até mesmo no Planalto houve diminuição significativa na área plantada no inverno, neste caso a cultura mais representativa é o trigo, mas também forrageira de inverno como aveia, avevem e alfafa.

4.2 Dados pluviométricos

Os índices pluviométricos de qualquer região do planeta apresentam variação durante o ano hidrológico. Dados de chuva em pesquisas são sempre importantes quando se trabalha com dados sobre a natureza ou em projetos em que o ambiente natural faz parte do contexto. Dados de chuva devem ser levados em consideração na análise de dados limnológicos, pois interferem diretamente na dinâmica aquática em corpos d'água e apresentam fortes influências no transporte de materiais para as bacias de captação.

No quadro 3 é apresentado o demonstrativo do índice de precipitação pluviométrica somente dos meses em que foram feitos os trabalhos de campo para a coleta das amostras de água *in loco*, ou seja, dados de precipitação pluviométrica entre os meses de junho a novembro no ano de 2014. Esses dados foram adquiridos no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia, via dados históricos do BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) da estação meteorológica de Santa Maria.

2014								
DIA	...	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	...
1º		12,8	0,2			33,8		
2				18,4	0,4		13,5	
3			15,0		19,7		0,4	
4			47,7	16,6			15,4	
5		15,0	0,9		3,8			
6		12,8	32,2			28,7		
7					44,0	3,4	1,6	
8				17,1			0,6	
9								
10		0,2		0,7	2,8			
11				1,1	19,4	6,7		
12				0,1	41,6	4,0	5,6	
13		12,0				1,2	2,2	
14		25,4				2,4	**	
15					23,8			
16				0,3	0,2			
17		0,4		0,1		37,4		
18			22,5			27,4		
19				0,1		47,6		
20				0,2		2,2		
21		0,1						
22		0,2					1,2	
23		14,6	77,8					
24			50,2		9,6			
25		21,1	7,2	1,5			19,2	
26		2,5		1,8	48,4			
27		2,2			1,6			
28		11,6						
29		120,0			17,8			
30		27,9	1,4		4,4	52,4		
31				34,2		9,6		
TOTAL		278,8	255,1	92,2	237,5	256,8	59,7	

Quadro 3 – Dados de chuva durante os meses de coleta de água

Obs.: As células destacadas representam os dias em que foram realizadas as coletas de água.

**coleta de água realizada em pontos amostrais distribuídos ao longo de toda a bacia hidrográfica do rio Soturno.

Tendo por base o trabalho de Buriol et al (2006), em que os autores determinaram os valores médios mensais e anual, a consistência e a frequência dos dados de chuva de Santa Maria/RS, utilizando os dados diários no período de 1912 a 2004 registrados na estação meteorológica pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); fez-se a comparação deste trabalho com o levantamento de dados nos campos realizados no primeiro período de coleta de água. A média mensal de precipitação pluviométrica em junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro no trabalho de Buriol et al. são respectivamente 155,4; 143,4; 126,9; 159,8; 159,1 e 120,1.

Sendo assim, comparando-se as médias mensais de precipitação pluviométrica do referido trabalho, com os dados adquiridos para a presente pesquisa (o quadro acima mostra o total mensal) notou-se diferenças significativas em todos os meses, como mostra a tabela 4.

Tabela 4 – Comparativo entre levantamentos pluviométricos

	Buriol et al. (2006) (mm)	Levantamento 2014 (mm)	Diferença* (%)
Junho	155,4	278,8	+79,40
Julho	143,4	255,1	+77,89
Agosto	126,9	92,2	-37,53
Setembro	159,8	237,5	+48,62
Outubro	159,1	256,8	+61,40
Novembro	120,1	59,7	-101,17

* diferença entre trabalho desenvolvido por Buriol et al. e do levantamento pluviométrico para o desenvolvimento deste trabalho.

Comparando-se os dados obtidos por esses autores com os dados obtidos a campo, constatou-se os seguintes valores, em junho e julho choveu respectivamente mais 79,40% e 77,89%, já em agosto choveu menos 37,53%, em setembro e outubro apresentou novamente elevação na precipitação pluviométrica, respectivamente 48,62% e 61,40%, já em novembro choveu 101,17% menos. Desta forma, podemos concluir que nos períodos citados onde houve aumento da precipitação pluviométrica, o escoamento superficial é maior e, com isso, o sistema terrestre pode disponibilizar uma maior carga de materiais para o sistema aquático. Já, nos meses com baixos índices de chuva e maior infiltração, esses reduzem o escoamento superficial e conseqüentemente menor contribuição de materiais particulados nos mananciais.

Na figura 11 são apresentadas as variações da precipitação diária durante os meses da realização deste trabalho, bem como, indicam o dia da realização do campo para a coleta de água. Estas informações fornecem subsídios para a interpretação dos dados limnológicos visto que as precipitações pluviométricas influenciam as características da água de forma mais intensa quanto maior forem as quantidades de chuva.

Observamos no mês de junho vários dias sem chuva ou com pequenas precipitações, estas aumentam na última semana com o registro de 120 mm de chuva no dia 29, o que representa aproximadamente 43% precipitado no mês somente neste dia. Em julho as chuvas se concentram na primeira e na última semana, com destaque para os maiores volumes nos dias 23 e 24, respectivamente 77,8 mm e 50,20 mm de chuva, o que se traduz em mais de 50% precipitado no mês somente nestes dois dias.

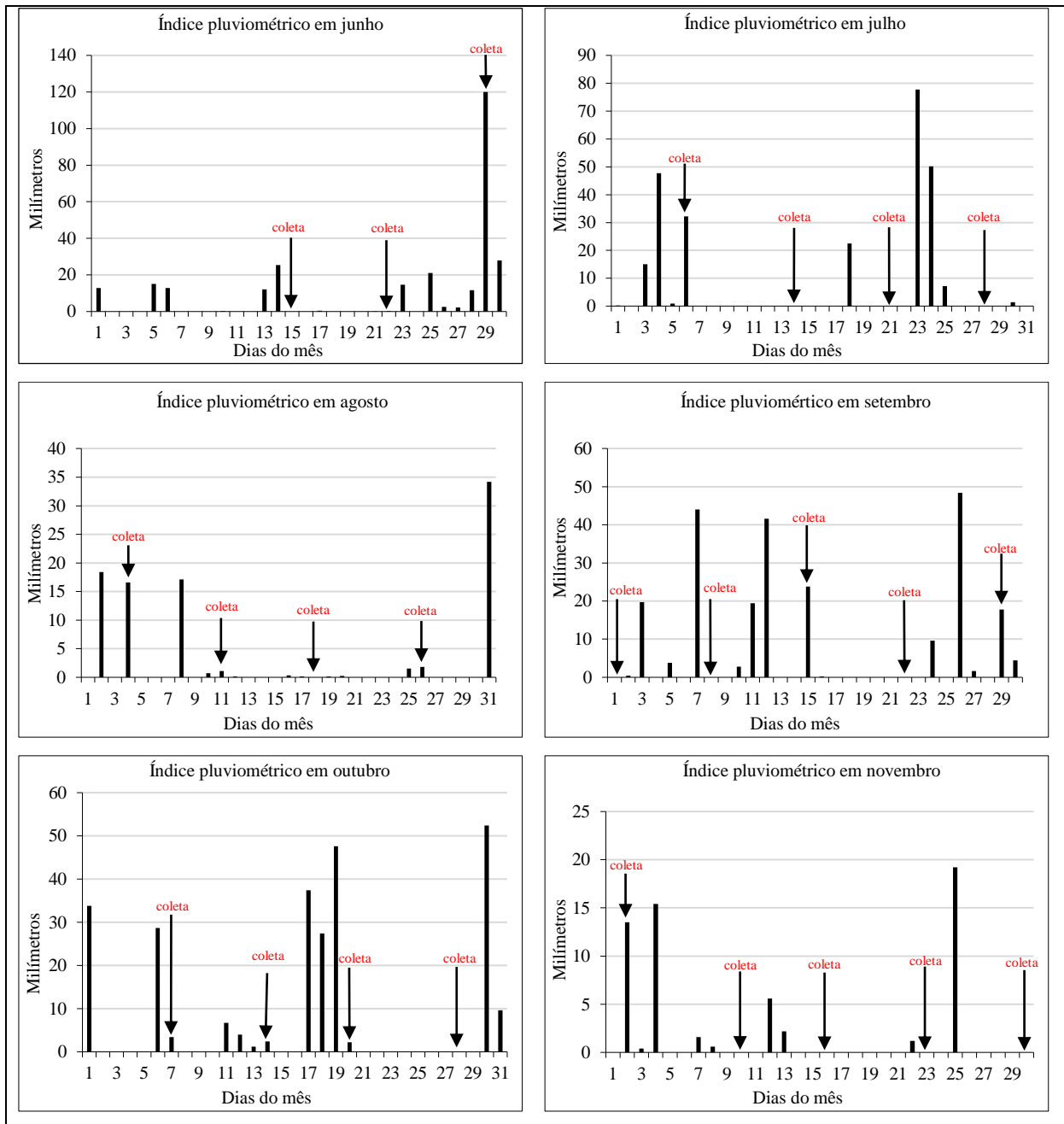


Figura 11 – Precipitação pluviométrica nos meses de coleta de água e sinalização dos dias em que foram realizados os trabalhos de campo

No mês de setembro ocorrem chuvas com maiores volumes, representando um aumento de aproximadamente 157,6% no índice precipitado em relação ao mês anterior, estas são bem distribuídas, a exceção fica entre os dias 16 a 23 que não choveu. Situação semelhante ocorreu no mês de outubro com chuvas bem distribuídas durante o mês, o período que não choveu foi entre os dias 21 a 29, já no dia 30 ocorreu o maior registro precipitado no mês com acumulado de 52,40 mm, perfazendo aproximadamente 20,40% precipitado somente neste dia.

O mês de novembro registrou os menores índices de chuva durante o período em que ocorreram os trabalhos de campo, o total de chuva foi de 59,7 mm, o que representa somente 23,3% precipitado em relação ao mês anterior, as maiores quantidades de chuvas ocorreram nos dias 2, 4 e 25, chovendo respectivamente 13,5 mm, 15,40 mm e 19,20 mm nestes dias.

4.3 Temperatura do ar e da água superficial

A temperatura do ar é variável, no tempo e no espaço, esta alteração ao longo do ano são normais e parte do regime climático. Pode ser regulada por vários fatores como pela radiação solar, altitude, latitude, massas de ar, pelo aquecimento diferencial da terra e da água, pelas correntes oceânicas. Alguns outros fatores influenciam no balanço local da temperatura diária do ar, como: latitude, hora do dia e dia do ano, cobertura de nuvens e a natureza da superfície terrestre.

Dados de temperatura do ambiente são importantes quando se trabalha com a natureza. Os dados de temperatura da água nos pontos de coleta foram obtidos da camada superficial. Ao analisar os dados nota-se que ocorreu aumento de seus valores em função da estação do ano, ou seja, quando da passagem do inverno para a primavera conforme demonstrado na figura 12. De modo geral os valores da temperatura do ar, a partir do início da coleta de dados até a segunda quinzena de outubro manteve-se abaixo de 20 °C, o mesmo aconteceu com a temperatura da água.

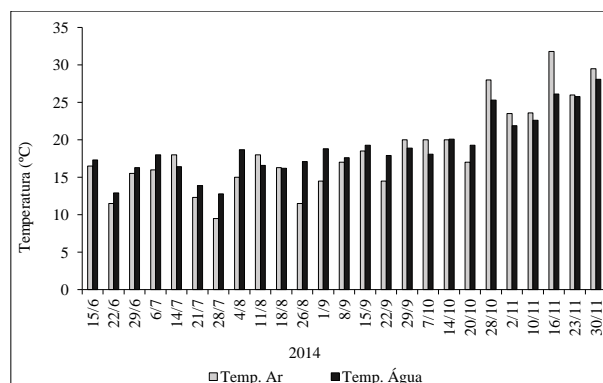


Figura 12 – Gráfico demonstrativo da variação da temperatura do ar e da temperatura da água superficial durante o período de coleta

Na maioria das vezes, dentro do período mencionado anteriormente, os valores da temperatura da água são maiores que o da temperatura do ar, deve-se ao fato de que a oscilação sazonais e diurnas da temperatura do ar são muito maiores do que as variações da temperatura da água. Pesa o fato de que o calor específico da água ser muito maior do que o do ar, ou seja, a água tem a capacidade de absorver e conservar calor. Durante o dia, a água absorve calor do sol e vai liberando aos poucos esse calor conforme vão passando as horas.

A partir do final do mês de outubro ocorre o inverso, a temperatura do ar fica maior que a temperatura da água; isso ocorre por causa do aumento da temperatura conforme nos aproximamos do verão e conseqüente aumento da temperatura ambiente diária. Esse calor é transmitido para água e conseqüentemente aumenta sua temperatura na mesma proporção, mas não o suficiente para ultrapassar a temperatura do ar.

Pode ter influenciado na temperatura da água superficial a existência da mata ciliar que em muitos casos contribui para a diminuição da temperatura da água com a sombra fornecida pelas copas das árvores existente nas margens. Também pode ter influenciado na temperatura a movimentação da água, ou seja, a água corrente de ambientes lóticos proporciona maior mistura das águas superficiais mais quentes com a água mais frias do fundo, diminuindo desta forma a estratificação vertical.

4.4 Potencial hidrogeniônico

O pH é um parâmetro importante em estudos sobre o meio ambiente, por isso são estabelecidas restrições de faixas de pH para as diversas classes de águas naturais. Tanto as legislações federais quanto estaduais fixam critério de proteção à vida aquática baseados neste parâmetro.

Na figura 13 são apresentados os valores de pH das águas do rio analisado neste estudo. Observa-se que os valores de pH variaram entre 5,79 a 7,09, o que demonstra ser uma água neutra, especialmente nas amostras coletadas nos dias 6 e 14 de julho de 2014 e, ácida nas outras coletas, mas com variação significativa entre o inverno e a primavera.

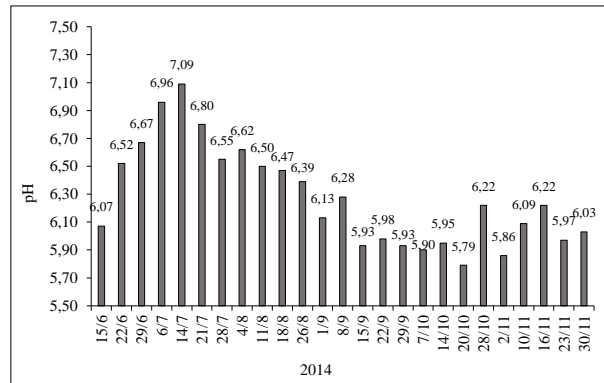


Figura 13 – Gráfico da variação do potencial hidrogeniônico

Podemos observar no gráfico que a temperatura pode ter influenciado nos valores de pH da água do rio Soturno. Valores de pH acima de 6,30 são observados entre os meses de junho a agosto (exceto na primeira coleta), justamente nos meses de inverno. A medida que a temperatura aumenta os valores de pH diminuem, sendo que nos meses de setembro e outubro apresentam os menores valores, o que indica um aumento da acidez da água e possível comprometimento à vida aquática já que os critérios de proteção fixam o pH entre 6,0 e 9,0 como determina a Resolução CONAMA n° 357/2005. A partir do final do mês de outubro os valores de pH voltam a subir moderadamente, mas esta variação não é acentuada mesmo assim oscilam a cada coleta. Também pode ter influenciado nos dados desta variável as chuvas ocorridas antes de cada coleta de água.

4.5 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é importante para o metabolismo dos mananciais, para a determinação de fontes poluidoras, bem como, na indicação de nutrientes nos ecossistemas aquáticos. A variação nos dados da condutividade elétrica ficou entre 42 a 86 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como podemos observar na figura 14 (o gráfico foi construído dessa forma para demonstrar a relação entre estas variáveis). Entretanto, esta variável não permite determinar quais são os íons que estão presentes numa amostra de água, mas é importante por contribuir na identificação de possíveis impactos ambientais que ocorram na área de captação da bacia hidrográfica ocasionados por lançamento de resíduos industriais, mineração, esgoto, entre outros.

Esta variável é influenciada pelo regime pluviométrico. O valor da condutividade elétrica é inversamente proporcional ao valor da precipitação pluviométrica, isto é, quanto maior o valor do índice de chuva, menor o valor da condutividade elétrica, como está demonstrado na representação gráfica da condutividade elétrica e da precipitação pluviométrica.

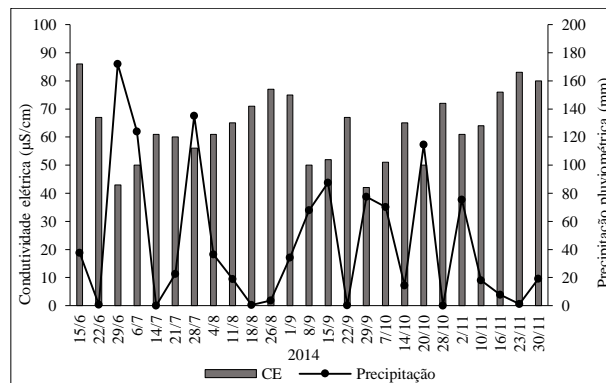


Figura 14 – Gráfico dos valores da condutividade elétrica e precipitação pluviométrica

Outro fator que pode contribuir para a variabilidade da condutividade elétrica está na localização do ponto de coleta; esse, alocado na Depressão Central, em área de intensa atividade agrícola e próximo a foz, desta forma a água, neste ponto, recebe a influência de grande parte da bacia hidrográfica, ou seja, toda atividade antrópica localizada a montante deste ponto reflete em seus dados, seja ela natural ou carga poluente difusa tanto urbana quanto rural.

4.6 Transparência

A transparência da água medida com a utilização do disco de Secchi variou significativamente durante o período de coleta, os valores alteraram desde 8 cm até 145 cm, como demonstrado na figura 15 (o gráfico foi construído desta forma para mostrar a relação entre estas variáveis). Já os valores das chuvas, considerando o somatório da precipitação pluviométrica da semana anterior ao dia da coleta da amostra de água também mudou expressivamente, a altura da chuva variou desde 0,00 até 172,00 mm de chuva.

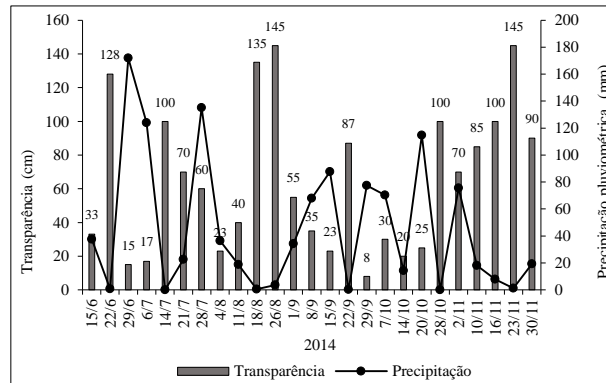


Figura 15 – Gráfico da variação da transparência e precipitação pluviométrica

Podemos observar no gráfico acima que a transparência da água aumenta à medida que o índice de chuvas diminui. Numa observação mais detalhada constatamos que os meses de agosto e novembro apresentaram as maiores transparências, com valores acima de 135 cm, nestes meses o acumulado de chuva foi de 92,2 mm e 59,7 mm respectivamente, sendo estes, os menores acumulados de chuva durante o período de coleta.

No mês de novembro encontramos quatro coletas com transparência acima de 80 cm, isto, devido aos menores índices pluviométricos no mês em questão. Em contrapartida os meses de setembro e outubro apresentaram as menores transparências, visto que a altura da chuva destes meses foi de 237,5 mm e 256,8 mm, respectivamente; apesar de que em duas ocasiões a transparência foi de 87 cm e 100 cm respectivamente dias 22 de setembro e 28 de outubro, este fato possivelmente esteja relacionado as chuvas ocorridas na semana anterior.

Outra informação importante que podemos extrair está no fato de que a menor transparência medida (8 cm) foi no dia 29 de setembro, sendo que o índice pluviométrico acumulado na semana anterior foi de 77,4 mm, possivelmente isso ocorreu pelo fato de que em setembro se inicia o preparo da terra para o plantio das culturas de verão, expondo mais os solos a ação das chuvas e conseqüente aumento da erosão laminar nestas áreas, fato também observado por Prado (2014); este, constatou que a menor transparência da água estão nos tributários na região de transição entre o rio e a barragem. A possível explicação para esse fato estava associada as precipitações pluviométricas que por sua vez proporcionaram transporte de material para o reservatório devido ao solo estar menos protegido justamente no período entressafra e início do plantio das culturas de verão.

4.7 Total de sólidos em suspensão

Sólidos em suspensão é todo material presente na água que pode ser retido em um filtro específico após aplicação de metodologia para a sua determinação. A figura 16 (o gráfico foi construído dessa forma para demonstrar a relação entre estas variáveis) mostra a variação na quantidade de sedimentos presente nas amostras coletadas.

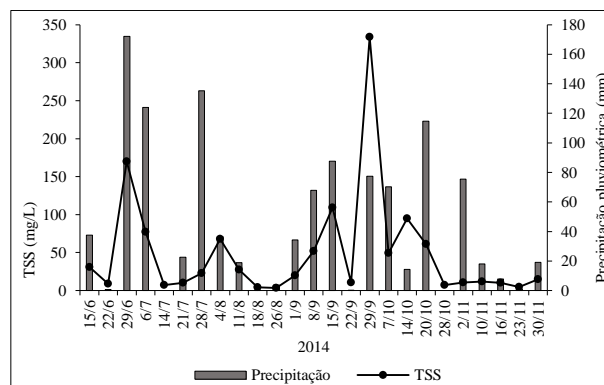


Figura 16 – Gráfico do total de sólidos em suspensão e precipitação

Uma série de fatores influenciam na quantidade de sedimentos presente na água de um corpo hídrico. Seus valores podem ser influenciados por fatores naturais ou em função da ação antrópica na bacia de captação, bem como ao uso e ocupação da terra nas áreas adjacentes ao ponto amostral. Também pode influenciar a qualidade da água a geomorfologia, o tipo de solo, a cobertura vegetal, assim como o tipo e a intensidade da ocupação da bacia hidrográfica.

Como podemos notar no gráfico os valores do TSS tiveram amplitude significativa, essa variação é bem marcante ao observarmos os dados de chuva durante o período de coleta das amostras de água. O maior valor de TSS é no mês de setembro devido a combinação de dois fatores, chuvas abundantes em praticamente todo mês e o início do período do preparo das lavouras para o plantio, o que facilitou o transporte de sedimentos para o leito do rio em função das chuvas. A medida que as chuvas diminuam de intensidade também diminui os valores do TSS a cada coleta, especialmente o mês de novembro, também, valores bem baixos de TSS na última quinzena do mês de agosto (18/8 e 26/8) e, no mês de julho, na segunda e terceira coleta (14/7 e 21/7).

Também podemos observar no gráfico dois grupos bem distintos com relação a elevação nos seus dados das variáveis retratadas. O primeiro entre junho e julho e o segundo entre setembro e outubro e, separando esses grupos, o mês de agosto. Nos grupos mencionados podemos notar o mesmo efeito, ou seja, o aumento do TSS está relacionado ao volume de chuva anterior ao dia da coleta das amostras de água.

4.8 Turbidez

Em uma amostra de água natural a sua cor pode ser resultante de compostos dissolvidos ou partículas suspensas, e, desta forma afetar a medição da turbidez. Podemos observar na figura 17 (o gráfico foi construído dessa forma para demonstrar a relação entre estas variáveis) que houve variação significativa na turbidez das amostras coletadas no rio Soturno. A variação foi de 4,68 a 492,00 UNT, essa grande diferença deve-se em função do aporte de material particulado transportado pela chuva para o leito do rio.

Podemos notar no gráfico que o total de sólidos em suspensão influencia diretamente nos valores da turbidez, demonstrando alta correlação entre estas variáveis limnológicas. Observamos que, quando o TSS aumenta ou diminui a turbidez segue a mesma tendência, entretanto, algumas vezes o TSS aumentou mais que a turbidez, especialmente nos dias 29/6, 6/7, 15/9 e 14/10; já nos dias 28/10 e 2/11 o inverso aconteceu, ou seja, nestes dias a turbidez teve proporcionalmente leve aumento em relação ao TSS.

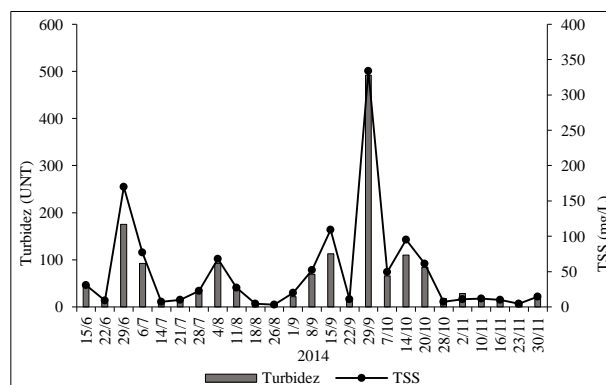


Figura 17 – Gráfico da variação da turbidez e do TSS

Também notamos que nas coletas dos dias 29/6, 15/9, 29/9 e 14/10 os valores da turbidez são de 175, 113, 492 e 110 UNT respectivamente, o que, de acordo com a resolução CONAMA 357/05 esses valores estão acima do recomendado, essa legislação estipula em até 100 unidades nefelométrica de turbidez (UNT) (BRASIL, 2005). Essa elevação acentuada da turbidez deve-se principalmente as chuvas ocorrida no período anterior a coleta de água. A partir da segunda quinzena de outubro a turbidez volta a valores abaixo de 100 UNT, conforme vão diminuindo as chuvas na região.

4.9 Correlação entre variáveis limnológicas

Considerando os corpos d'água como ambientes dinâmicos e mutáveis no espaço/tempo, muitos fatores sejam eles naturais ou antrópicos, influenciam nas características limnológicas destas águas. Na tabela 5, são apresentadas as correlações de Pearson entre os valores das variáveis limnológicas coletadas no primeiro período de coleta de dados e de água, ou seja, entre os dias 15 de junho de 2014 a 30 de novembro de 2014, em todas as coletas realizadas (n=25). Estão em destaque as correlações estatisticamente significativas com 95% de confiança, conforme os valores críticos da distribuição apresentados na tabela *t* de Student e avaliação qualitativa de *r* quanto à intensidade, como demonstrado na tabela 2 da página 44. Para a interpretação dos dados das correlações, quanto à intensidade, adotou-se para os valores de *r* 0,6 a 0,9 correspondente a correlação forte e 0,9 a 1 muito forte.

Tabela 5 – Matriz de correlação entre as variáveis limnológicas

	Temp. do ar	Temp. da água	Transp.	Precipitação	pH	CE	Turbidez	TSS
Temp. do ar	1,0000							
Temp. da água	0,9299	1,0000						
Transp.	0,1632	0,1910	1,0000					
Precipitação	-0,2731	-0,2722	-0,6744	1,0000				
pH	-0,4245	-0,5065	0,0992	0,0491	1,0000			
CE	0,3022	0,4013	0,6590	-0,7332	-0,1444	1,0000		
Turbidez	-0,0203	-0,0710	-0,5867	0,4294	-0,1744	-0,5999	1,0000	
TSS	-0,0518	-0,0956	-0,6334	0,5057	-0,1407	-0,6432	0,9857	1,0000

Fonte: Edison Antonio Alberti

Na figura 18 são apresentados os diagramas de dispersão correspondente mais significativos entre as variáveis limnológicas.

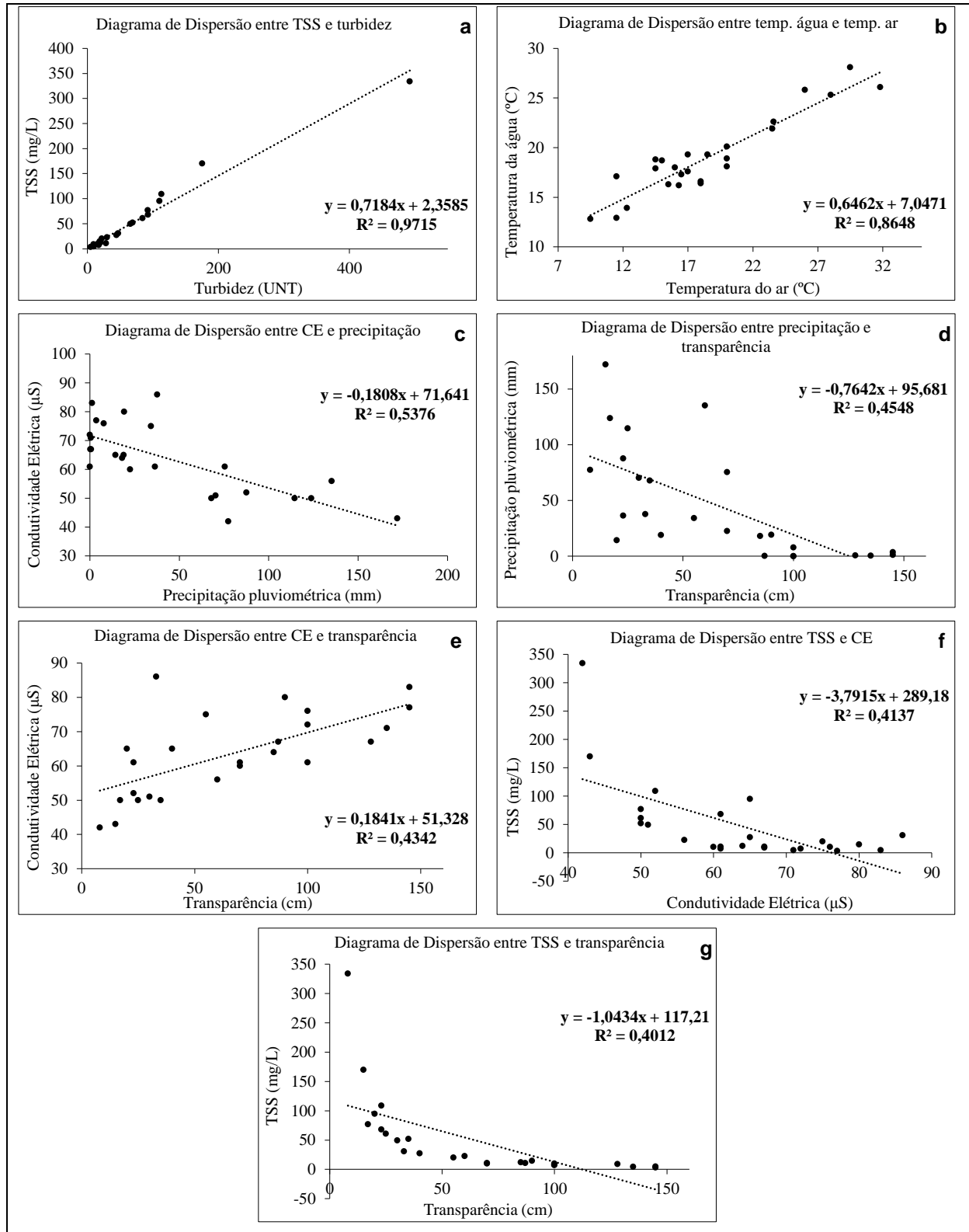


Figura 18 – Diagrama de dispersão entre as variáveis limnológicas

Dentre as correlações significativas destacam-se duas correlações positivas muito forte, o TSS com a turbidez (0,9857) e da temperatura do ar com a temperatura da água (0,9299), o que indica que quanto mais sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão presentes na água, maior será a condutividade elétrica e a turbidez (Figura 18a, b), isso, devido a maior presença de sais solúveis e partículas (areias muito finas, silte e argilas) em suspensão na água. Já a correlação entre as temperaturas é uma relação direta entre ambas, conforme aumenta a temperatura do ar também aumenta a temperatura da água.

Houve correlação negativa entre precipitação pluviométrica com a CE (-0,7332) (Figura 18c). Deste modo nas correlações negativas, quanto maior o volume de água nos sistemas aquáticos mais diluídos fica as concentrações iônicas (sais) e dos sólidos dissolvidos, desta forma interferindo nas leituras da CE, por ser uma relação inversa. Já a correlação positiva entre a precipitação pluviométrica e o TSS deve-se ao volume de chuva precipitado, e, fundamentalmente, quando ocorreu a chuva, indicando que conforme aumenta a precipitação pluviométrica mais sedimentos são carregados para água devido ao escoamento superficial, especialmente em época de preparo dos solos para o plantio das lavouras.

A transparência manteve correlações negativas com a precipitação (-0,6744), com o TSS (-0,6334) (Figura 18d, g), e correlação positiva com a CE (0,6590) (Figura 18e). As correlações negativas são indicativos de uma relação inversa, a negativa entre transparência e precipitação indica aumento da transparência conforme diminui a precipitação, a negativa da transparência com o TSS, indica a diminuição da transparência da água conforme aumenta a quantidade de sólidos em suspensão.

Já as correlações positivas indicam que as duas variáveis aumentam concomitantemente, conforme observamos nas correlações da transparência com a CE, nestes casos, a transparência aumenta mesmo que aumente a presença de sólidos dissolvidos e das concentrações iônicas, porque essas partículas deixam passar a luz, assim, não ocorrendo a absorção nem tão pouco o espalhamento da radiação eletromagnética nos comprimentos de ondas do visível.

A correlação negativa da CE com o TSS (-0,6432) (Figura 18f), indica que a condutividade elétrica aumenta conforme diminui a quantidade de sedimentos em suspensão e da turbidez; pois a CE não está relacionada com a presença de sólidos em suspensão, mas com a presença de sólidos dissolvidos, ou seja, com a disponibilidade iônica no meio aquático.

4.10 Dados limnológicos do trabalho de campo do dia 14-11-2014

O trabalho de campo realizado no dia 14 de novembro de 2014, foi executado partindo-se do extremo norte da bacia hidrográfica e seguindo no sentido sul, ou seja, das nascentes dos rios formadores do rio Soturno e chegando até o último ponto de coleta, este, localizado na ponte da RS-149 sobre o rio Soturno, na divisa entre os municípios de São João do Polêsine e Faxinal do Soturno. O quadro 4 mostra os dados das variáveis limnológicas coletadas a campo e de procedimento executado em laboratório.

Ponto	Localização	Hora	Temp. ar (° C)	Temp. água (° C)	Transparência (cm) ¹	CE (µS/cm)	pH	Turbidez (UNT)	TSS (mg/L)
1	Arroio Felício (ponte)	09:00	19,1	18,0	90	51	5,65	16,90	7,33
2	Fazenda Botega	09:50	21,0	18,3	100	45	5,89	12,80	3,33
3	Arroio (manilha)	10:30	21,8	18,2	90	47	6,00	17,50	8,00
4	Início Rebordo	11:15	24,0	16,9	>100	51	6,15	14,30	5,33
5	Usina Cafundó	11:40	21,8	20,6	>100	54	6,14	8,36	4,00
6	Ponte sobre Lajeado Pedras Brancas	12:15	25,3	20,1	>100	56	6,28	5,34	3,33
7	Nova Palma (balneário)	13:25	24,0	22,8	130	59	6,34	7,53	5,33
8	Pinguela	13:40	26,4	23,6	>100	62	6,44	8,52	8,67
9	Ponte de Ferro	14:10	26,6	23,9	95	70	6,46	16,10	9,33
10	Ponte Rio Melo	14:40	27,3	23,5	>100	61	6,55	8,55	4,00
11	Passo Rio Melo	15:00	27,8	24,1	>120	56	6,62	9,35	4,67
12	Faxinal/Polêsine e (ponte)	15:50	27,1	24,7	>100	74	6,59	45,50	10,67

Quadro 4 – Dados de campo do dia 14-11-2014 coletados em 12 pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Soturno

4.10.1 Temperatura da água e temperatura do ar

Na figura 19 está representada graficamente a evolução das temperaturas no dia da coleta de campo. Podemos observar que tanto a temperatura do ar quanto a temperatura da água variaram ao longo do dia, com aumento destas conforme avançam as horas. Entretanto, a

variação não foi contínua, sendo influenciada por fatores externos como, por exemplo, o vento, a sombra e a localização do ponto amostral.

Também podemos notar que a variação da temperatura do ar é maior do que a da temperatura da água, o que está relacionado ao maior calor específico e maior inércia térmica da água, ou seja, com o consequente aquecimento ou resfriamento mais lento dessa.

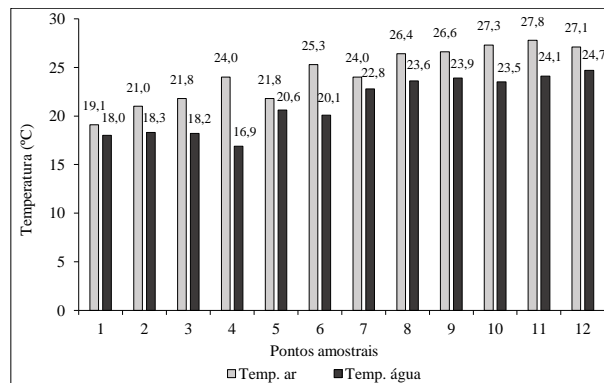


Figura 19 – Gráfico da representação da temperatura da água e da temperatura do ar

A temperatura do ar por ser uma variável que pode sofrer variação significativa durante o dia, apresentou amplitude pequena durante o trabalho de campo. Essa, em relação a temperatura da água, manteve-se mais elevada em todos os pontos, como esperado, pois é final de primavera onde as temperaturas aumentam conforme se aproxima do verão e também percebe-se seu crescimento conforme avançam as horas do dia. Em algumas ocasiões a temperatura do ar diminuiu em relação a coleta anterior, como por exemplo nos pontos 5, 7 e 12, provavelmente isso aconteceu por influência do vento, mesmo sendo de intensidade moderada na maioria do tempo, estava mais frio quando as rajadas se intensificavam.

Podemos observar que no ponto 4 a temperatura da água foi a mais baixa dentre essas, certamente contribuiu neste sentido, a localização do ponto, este, situado no início do Rebordo do Planalto, e a geomorfologia do local apresenta-se na forma de um vale bem encaixado e com mata ciliar bem preservada em ambas as margens, o que proporciona sombreamento denso e consequentemente diminuição da temperatura da água neste local. Estes fatores também podem ter influenciado na temperatura da água do ponto 6 ao mesmo tempo proporcionaram as maiores amplitudes entre a temperatura do ar e da água.

4.10.2 Transparência

Sabe-se que a transparência da água em mananciais está diretamente ligada a quantidade de sedimentos presentes na água, seja em suspensão, dissolvidos ou pela presença de algas. A figura 20 representa a evolução da transparência nos 12 pontos amostrais alocados ao longo da bacia do rio Soturno, a forma de representação indica profundidade do disco de Secchi. Essa profundidade, a qual o disco ainda visível logo desaparece é a profundidade da zona fótica, que é a profundidade de penetração da radiação solar na coluna d'água, ou seja, quanto maior a transparência da água, menor é a dispersão da penetração da luz, assim, mais fundo na água poderemos observar o disco de Secchi.

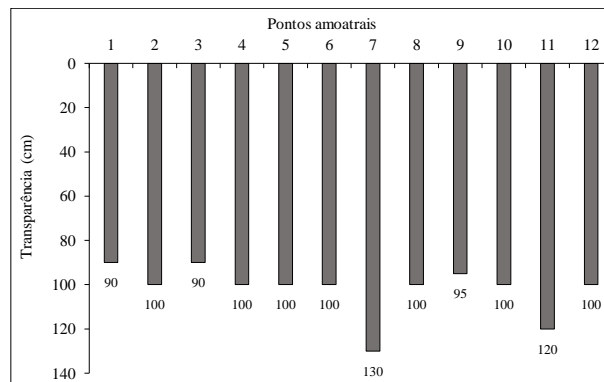


Figura 20 – Gráfico da representação da transparência da água

Podemos notar que a transparência alternou entre 90 cm a 130 cm de profundidade. Possivelmente a alta transparência da água está relacionado aos baixos índices pluviométricos nos dias anteriores a coleta. O valor de precipitação pluviométrica nos 7 dias anteriores ao campo foi de 10 mm de chuva, valor baixo que pouco contribuiria no transporte de sedimentos para os corpos d'água. Mesmo somando-se os valores de chuva do mês de novembro até esse dia, o índice chegaria a 39,3 mm, também muito baixo para influenciar no valor da transparência.

4.10.3 Turbidez

Na figura 21 é apresentado o gráfico da variação da turbidez da água nos 12 pontos amostrais na bacia hidrográfica do rio Soturno, em única coleta realizada no dia 14 de novembro de 2014. A turbidez é uma variável limnológica que recebe influência da precipitação pluviométrica, ou seja, conforme aumenta a incidência de chuvas em determinada época, maior é o aporte de material particulado que é carregado para a água, diminuindo dessa forma a penetração da luz solar e conseqüentemente a transparência da água devido a presença de materiais em suspensão.

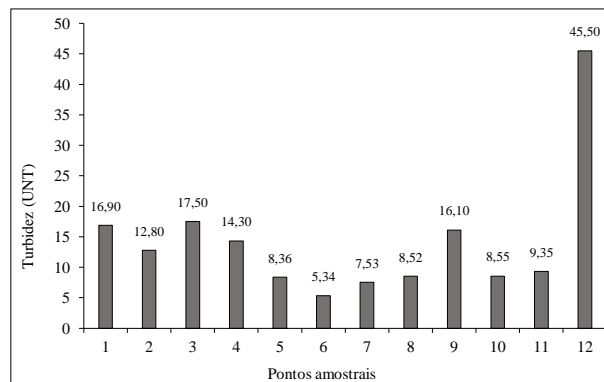


Figura 21 – Gráfico da representação da turbidez da água

A variação da turbidez foi de 5,34 a 45,50 UNT, esses valores estão dentro das condições e padrões de qualidade das águas segundo a resolução do CONAMA 357/05, exceto o ponto 12, que está acima do que determina a referida resolução, essa estipula até 40 UNT para as águas doces de classe 1.

Numa análise mais detalhada podemos observar que os valores da turbidez nos 4 primeiros pontos estão ligeiramente mais altos que nos outros pontos amostrais, exceto os pontos 9 e 12. Possivelmente influenciados pelo uso e ocupação da terra no entorno, neste caso a falta da mata ciliar e, margens degradadas a montante destes locais pode ter contribuído para a elevação da turbidez nestes 4 pontos. Nos pontos seguintes a turbidez diminui, chegando ao valor mínimo no sexto ponto amostral, a partir deste a turbidez aumenta chegando ao valor máximo no último ponto amostral.

O ponto 12 localizado no curso inferior do rio Soturno, próximo a foz, apresentou a maior turbidez, possivelmente, pesou o fato de ser o último ponto e receber a influência de toda a bacia de captação, também pesa o fato da área ser intensamente agricultável.

4.10.4 Condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico

Na figura 22 é apresentado o gráfico da condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico (o gráfico foi construído dessa forma para demonstrar a relação entre estas variáveis). Podemos verificar que os dados de condutividade elétrica variaram de 45 a 74 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O estudo e a determinação dessas duas variáveis é de extrema importância, pois ajudam a caracterizar os ambientes aquáticos e podem interferir nas demais variáveis.

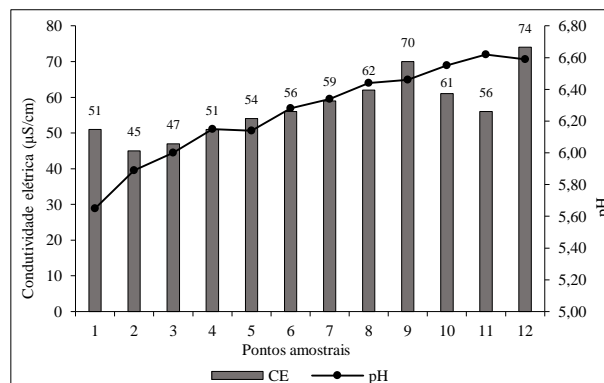


Figura 22 – Gráfico da representação da condutividade elétrica e do pH

Podemos observar no gráfico que conforme o valor da condutividade elétrica aumenta o pH aumenta também, exceto nos pontos 10 e 11, pois a CE desses pontos forma adquiridos no rio Melo. Entretanto, mesmo que o pH aumente os seus valores continuam indicando que a água é ácida, segundo a resolução do CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para proporcionar proteção à vida aquática, o pH deverá encontrar-se dentro do limite de 6,0 a 9,0 pois é o que verificamos a partir do ponto amostral 3. Os pontos amostrais 1 e 2 estão fora desse padrão, pois seus valores são 5,65 e 5,89, respectivamente.

4.10.5 Total de sólidos em suspensão

Os dados desta variável estão relacionados a quantidade de sedimentos em suspensão na água, sejam eles orgânicos ou inorgânicos. Na figura 23 está representado graficamente o resultado da quantidade de TSS encontrado em cada amostra. Podemos verificar que a quantidade de sedimentos não é muito alta, mas com amplitude significativa entre estes dados, variando de 3,33 a 10,67 mg/L.

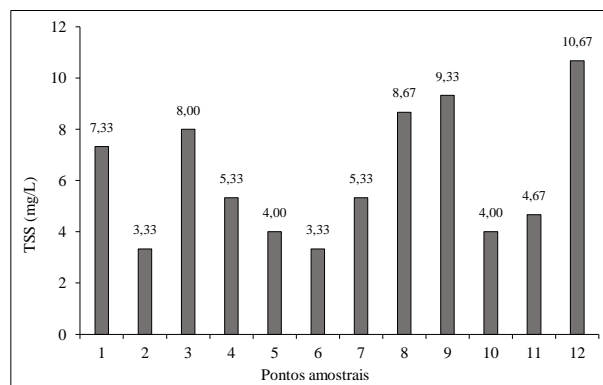


Figura 23 – Gráfico da representação do total de sólidos em suspensão

De modo geral o TSS tende a aumentar dos pontos amostrais localizados a montante da bacia hidrográfica em direção a foz do rio, entretanto nos pontos amostrais 4, 5 e 6 mostra o contrário. No ponto 5, o primeiro alocado no rio Soturno, está localizado a jusante da Usina Cafundó que forma um pequeno reservatório de água, mas o suficiente para reter os sedimentos mais grosseiros presentes na água, alterando desta forma os resultados de TSS. Já os pontos 4 e 6 estão alocados em afluentes do rio Soturno na zona de transição entre o Planalto Meridional e o início do Rebordo do Planalto, este fato pode ter influenciado na diminuição do TSS, bem como a maior proteção das margens pela mata ciliar e o uso da terra no local, também pode estar relacionado o volume de água que estava passando pelo local na hora da coleta.

Já os pontos 10 e 11 estão localizados no rio Melo, também mostra o mesmo comportamento os dados tendem a aumentar de montante para jusante.

4.10.6 Correlações dos dados limnológicos do trabalho de campo do dia 14-11-2014

Na tabela 6, são apresentadas as correlações de Pearson entre os valores das variáveis limnológicas coletadas no dia 14 de novembro de 2014 em doze pontos amostrais (n=12). Estão em destaque as correlações estatisticamente mais significativas com 95% de confiança e avaliação qualitativa de r quanto à intensidade. Neste caso adotou-se para os valores de r , 0,6 a 0,9 correspondente a correlação forte e, 0,9 a 1 correspondente a correlação muito forte, como demonstrado na tabela 2 da página 44.

Tabela 6 – Matriz de correlação entre as variáveis limnológicas do trabalho de campo do dia 14-11-2014

	Temp. ar	Temp. água	Transparência	CE	pH	Turbidez	TSS
Temp. ar	1,0000						
Temp. água	0,8128	1,0000					
Transparência	0,3433	0,4244	1,0000				
CE	0,7300	0,8406	0,1184	1,0000			
pH	0,9722	0,8758	0,4502	0,7540	1,0000		
Turbidez	0,1077	0,1847	-0,2709	0,4821	0,1213	1,0000	
TSS	0,1908	0,3365	-0,3130	0,5977	0,1776	0,7040	1,0000

Na figura 24 são apresentados os diagramas de dispersão correspondente mais significativos entre as variáveis limnológicas.

Podemos notar que todas as correlações são positivas, ou seja, as duas variáveis aumentam simultaneamente. Destaca-se a correlação muito forte do pH com a temperatura do ar (0,9722) (Figura 24a), os dados de condutividade elétrica medem a presença de íons na água, ou seja, indica a capacidade desta em conduzir corrente elétrica e está diretamente relacionada com os elementos nela dissolvidos.

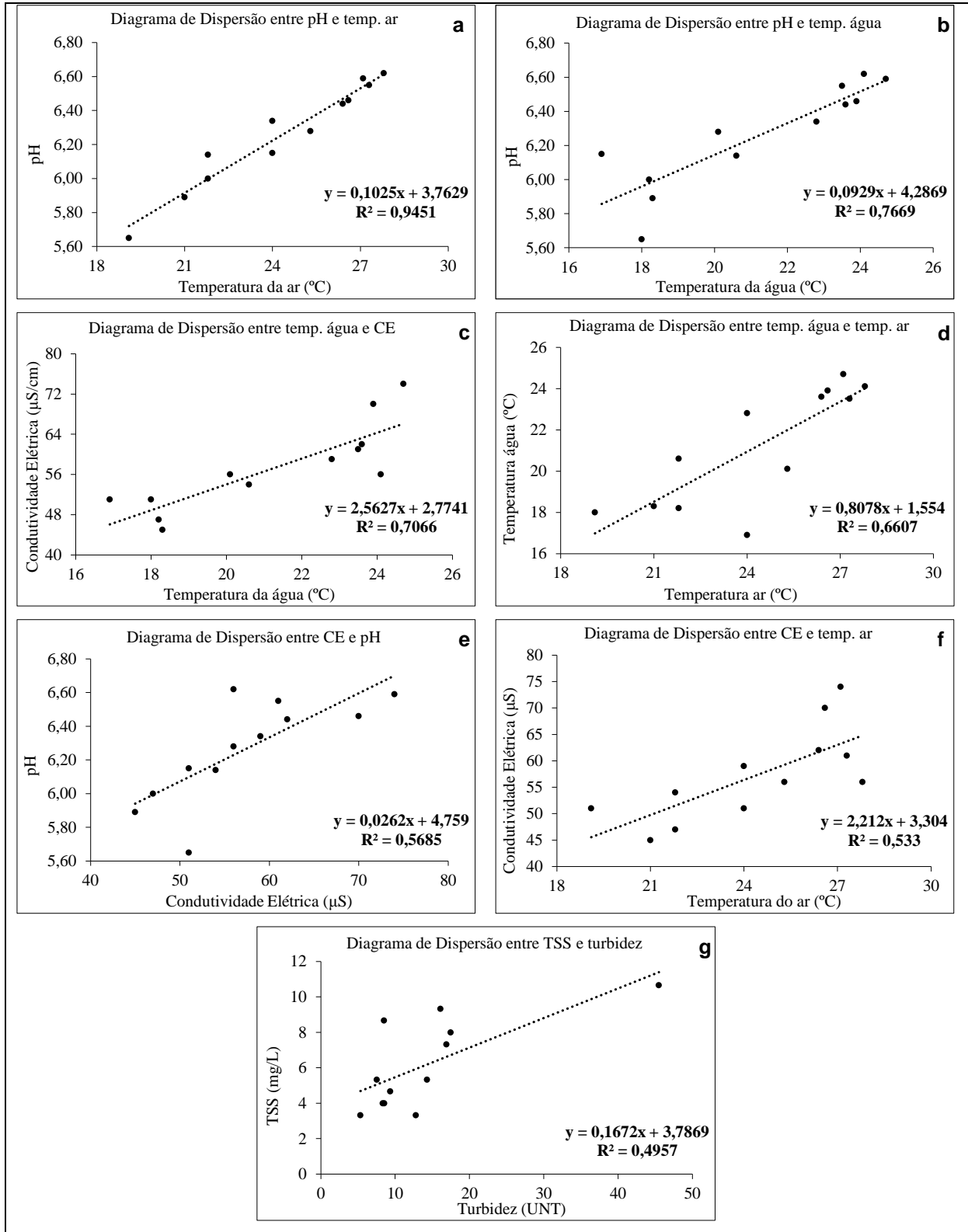


Figura 24 – Diagrama de dispersão entre as variáveis limnológicas do trabalho de campo do dia 14-11-2014

Exceto nos pontos 1 e 2 o pH esteve dentro dos critérios determinados pela Resolução CONAMA 357/05 de proteção à vida aquática, recomendada na faixa de 6,0 a 9,0. O pH também manteve correlação forte com a temperatura da água (0,8758) e com a CE (0,7540) (Figura 24b, e), pois a temperatura também afeta as medidas de pH, já a CE tem relação direta com o pH, pois a condutividade elétrica mede a disponibilidade iônica no meio aquático, que podem ser íons de hidrogênio (H^+) e/ou íons oxidrila (OH).

A CE manteve correlação forte com ambas as temperaturas (0,8406) com a água e (0,7300) com o ar (Figura 24c, f), demonstrando que a CE além de ser influenciada pela presença de íons na água a temperatura também afeta as medidas desta variável.

A temperatura do ar manteve correlação forte com a temperatura da água (0,8128), (Figura 24d). Esta uma relação direta, indicando que se a temperatura do ar aumenta a temperatura da água aumenta também.

Também houve correlação forte entre o TSS e a turbidez (0,7040) (Figura 24g), neste caso, a turbidez aumenta conforme aumenta a quantidade de sedimentos em suspensão na água.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalização deste trabalho, pode-se concluir que, de modo geral, as variáveis limnológicas aqui analisadas, refletem as condições dos sistemas terrestres e a variabilidade climática, principalmente nos períodos chuvosos e/ou na sua ausência, ou seja, a mudança significativa nos dados analisados está ligada ao volume precipitado, a constância da precipitação, bem como, a quanto tempo de antecedência ocorreu a chuva em relação ao dia da coleta das amostras de água. Outros fatores influenciaram na mudança dos dados ao longo do período de coleta, como por exemplo, a época de preparo das terras para o plantio das culturas de verão, proporcionando desta forma mais solo exposto e conseqüentemente mais material sendo carregado pelas chuvas para o rio. Entretanto, para uma avaliação mais aprofundada das variáveis estudadas neste trabalho o tempo ideal para a coleta de dados seria de um ano hidrológico, ou seja, 12 meses.

O objetivo geral *“analisar as relações entre variáveis de uso e ocupação da terra e limnológicas na bacia hidrográfica do rio Soturno, com o uso do sensoriamento remoto e coleta de dados limnológico”* foi atingido, pois se observou que existe uma relação entre o uso e cobertura da terra e as variáveis limnológicas, especialmente entre a condutividade elétrica, pH, TSS e turbidez com o tipo de cultura agrícola, a época do ano, e, ao tipo de uso da terra nas áreas adjacentes ao ponto amostral. Na sequência são retomados os objetivos específicos, bem como os principais resultados e comentários relativos a cada um deles.

- 1º Objetivo específico: *“Identificar por compartimento geomorfológico e em diferentes estações do ano, usos e ocupação da terra utilizando a tecnologia do sensoriamento remoto”*.

Na classificação do uso e ocupação da terra, levando-se em consideração a geomorfologia, a bacia hidrográfica apresenta três compartimentos bem definidos, o Planalto Meridional com predomínio nas culturas de verão a soja e o milho, o Rebordo do Planalto Meridional apresenta um relevo de encostas mais íngremes, nesta, destaca-se na espacialização a classe temática floresta que corresponde a um percentual considerado satisfatório, com aproximadamente 25% da área total da bacia hidrográfica somente neste compartimento, isso devido ao relevo movimentado com encostas íngremes serem inapropriadas as atividades agropecuárias. Entretanto, os outros compartimentos possuem áreas muito reduzidas de floresta, o Planalto com aproximadamente 10% e a Depressão com menos de 2% de cobertura florestal, portanto, a falta de uma cobertura vegetal bem distribuída na bacia hidrográfica, e,

nas margens dos rios e seus tributários, compromete a biota destes mananciais, bem como facilita o assoreamento do leito dos rios e riachos.

Modificações importantes na classificação do uso da terra foi verificado do verão para o inverno, levando-se em consideração as estações do ano. Por exemplo, a classe agricultura teve um decréscimo significativo da área plantada no verão em comparação com a do inverno, demonstrando que a aptidão e a utilização do solo para a agricultura é mais intensa no verão do que no inverno, seja por influência do clima, da aptidão do solo e da geomorfologia. Já para a classe temática campo ocorreu o contrário, aumentou a área desta classe no inverno isso provavelmente ocorreu por que a maior parte das áreas utilizadas para a agricultura ficarem em pousio no inverno possibilitando desta forma o crescimento de uma vegetação rasteira, que, se comporta como campo nativo na imagem de satélite quando da classificação do uso da terra.

As classes temáticas solo exposto e sombra também tiveram modificações das suas áreas classificadas nestas duas imagens analisadas. A classe temática solo exposto teve sua área reduzida no verão comparada a imagem do inverno em aproximadamente 35,23%, visto que, as áreas agrícolas são menos utilizadas no inverno do que no verão. Já a classe sombra aumentou em mais de 91,72% esta classe no inverno em função da maior inclinação (eclíptica) do sol neste período do ano em relação ao mesmo horário no verão, pois o satélite passa sobre a área de estudo sempre no mesmo horário, portanto proporcionando no inverno maiores áreas de sombra, principalmente no Rebordo do Planalto.

- 2º Objetivo específico: *“Avaliar as relações entre as variáveis geográficas e limnológicas associadas a dinâmica do desenvolvimento das culturas agrícolas no verão e no inverno”*.

Com relação aos dados limnológicos constatou-se mudanças relevantes nestes parâmetros durante o período de coleta, tanto na coleta realizada em um único ponto durante mais de cinco meses, quanto na coleta realizada em um único dia, mas com pontos amostrais distribuídos ao longo de toda a bacia hidrográfica.

Os dados de temperatura, de modo geral, tanto do ar quanto da água aumentaram durante o período dos trabalhos de campo em função da passagem das estações do ano, ou seja, de um período do ano mais frio para um mais quente e também aumentou conforme avançam as horas do dia. Cursos d'água em vales bem encaixados e a presença de mata ciliar certamente contribuem para temperaturas mais baixas da água nesses locais, como foi constatado no ponto de coleta alocado no início do Rebordo do Planalto no campo realizado no dia 14-11-2014.

A variável transparência da água está diretamente relacionada a quantidade antecedente de chuva precipitada e também da variável solo exposto, que, por sua vez, reflete a falta de

cobertura vegetal no solo, isso se dá principalmente em época de preparo do solo para o plantio. No mês de setembro podemos verificar a diminuição significativa da transparência, mês que marca o início do período do preparo do solo para as culturas de verão.

O potencial hidrogeniônico é um parâmetro importante em estudos sobre o meio ambiente, pois legislações fixam critérios baseados neste parâmetro. O pH da água do rio Soturno demonstra ser uma água neutra a levemente ácida. A temperatura pode ter influenciado nos valores de pH da água, ou seja, a medida que a temperatura aumenta na passagem do inverno para a primavera os valores de pH diminuem. As chuvas ou a falta dela podem ter influenciado nos dados desta variável ao longo do período da realização deste trabalho.

A condutividade elétrica é influenciada pelo regime pluviométrico. Nesta pesquisa a condutividade elétrica oscilou entre 42 a 86 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta variável é inversamente proporcional ao valor da precipitação pluviométrica, isto é, quanto maior o valor do índice de chuva, menor o valor da condutividade elétrica. Outros fatores também podem contribuir para a mudança em seus valores, como por exemplo a localização do ponto de coleta, o tipo de solo, bem como, o tipo de atividade predominante na região.

Os valores do TSS tiveram amplitude significativa nos seus dados, essa variação é bem marcante ao observarmos os dados de chuva durante o período de coleta das amostras de água especialmente no mês de setembro devido a combinação de dois fatores, chuvas abundantes em praticamente todo mês e o início do período do preparo das lavouras para o plantio, o que facilitou o transporte deste material para o leito do rio em função das chuvas. A medida que as chuvas diminuam de intensidade também diminuí os valores do TSS.

A valores da variável turbidez pode ser resultante de compostos dissolvidos ou partículas suspensas na água. A variação nos dados desta variável foi significativa, a maior dentre todos os parâmetros aqui analisados, essa grande amplitude deve-se em função do grande aporte de material particulado transportado pela chuva para o leito do rio. No trabalho de campo realizado no dia 14 de novembro de 2014 a amplitude não foi significativa, devido as menores precipitações neste mês.

- 3º Objetivo específico: *“Correlacionar as variáveis limnológicas conforme cada forma de coleta das amostras de água”*.

Os testes estatísticos, com destaque para as correlações, comprovam a influência do clima, do uso e ocupação da terra nas variáveis limnológicas e nas características das águas do rio Soturno. Assim sendo, podemos verificar que o TSS manteve correlação positiva muito forte com a turbidez (0,9857), e também correlação forte, entretanto negativa, com a CE (-0,6432) e com a transparência (-0,6334). Da mesma forma a transparência manteve correlação forte,

entretanto negativa, com a precipitação (-0,6744), e correlação positiva com a CE (0,6590). Também ocorreu correlação positiva muito forte da temperatura da água com a temperatura do ar (0,9299) e correlação negativa forte da CE com a precipitação (-0,7332).

Já as correlações que ocorreram com os dados do campo realizado em 11 de novembro de 2014, onde foram distribuídas estações amostrais em toda a bacia hidrográfica do rio Soturno; também mostram correlações significativas entre as variáveis limnológicas, sendo as mais relevantes positivas. Entretanto, para uma análise mais detalhada, seriam necessários realizar mais missões de campo nesta modalidade e, em épocas distintas, para possibilitar comparar campos em estações do ano diferentes, bem como, avaliar se existem diferenças nos dados limnológicos entre um campo em que ocorreu chuva e outro não.

Com a finalização deste trabalho comprova-se que a utilização do sensoriamento remoto tem se tornado uma ferramenta importante no estudo e monitoramento do meio ambiente. Tendo em vista a crescente preocupação em relação a questões que levam em consideração o assunto água, estudos sobre esta temática são de extrema importância nos dias de hoje.

REFERÊNCIAS

AGUDO, E. G. et al. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1987.

ANDERSON, C. W. **Turbidity 6.7**. Version 2.1 (dated 9/2005). Disponível em: <http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/Chapter6/Section6.7_v2.1.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2015.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. 21. ed. Springfield: Byrd Prepress, 2005.

ARRAUT, E. M. et al. Estudo do comportamento espectral da clorofila e dos sólidos em suspensão nas águas do Lago Grande de Curuai (Pará), na época de seca, através de técnicas de espectroscopia de campo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.18.48/doc/2447.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2015

BALARINE, O. F. O. Projeto rio Santa Maria: a cobrança como instrumento de gestão das águas. **Ciência & Ambiente**, v. 1, n. 21, p. 161-174, jul./dez. 2000.

BARATTO, J. **Uso da terra por classe de declividade nos municípios de Faxinal do Soturno e São João do Polêsine - RS**. 1994. 57 f. Monografia (Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1994.

BARIANI, C. J. de M. V. **Avaliação dos efeitos de atividades antrópicas por meio da análise integrada de variáveis de uso da terra e limnológicas em Itaquí, RS**. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

BATALHA, B. L. **Glossário de engenharia ambiental**. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, MME, 1986.

BATISTELLA, M.; CRISCUOLO, C.; BOLFE, É. L. Satélites de recursos naturais como suporte à gestão ambiental. In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. (Org.). **Geoinformação e monitoramento ambiental na América Latina**. São Paulo: Editora Senac, 2008. cap. 1, p. 21-52.

BOGGIONE, G. de A. et al. Definição da escala em imagens de sensoriamento remoto: uma abordagem alternativa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais eletrônicos...** Natal: INPE, 2009. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.03.28/doc/1739-1746.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1978.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Resolução CONAMA nº 357/05**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. **Inventário florestal da região da quarta colônia de imigração italiana do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: PRODESUS-PED-PNMA, 1998.

BURIOL, G. A. et al. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** v. 11 n. 4 out/dez 2006, p. 89-97. Disponível em:

<https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/127d8f7ecc3d385e44fb48701ad280a9_f3a7ac7439db70b6cc597bdba543720.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2014.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CÂMARA, G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun, 1996.

CAZULA, L. P.; MIRANDOLA, P. H. Bacia hidrográfica – conceitos importância como unidade de planejamento: um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP – Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, ano 7, n. 12, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.cptl.ufms.br/geo/revista-geo/Revista/revista12/Nova%20pasta/5.pdf>>. Acesso em: 03 de abr. de 2014.

CERETTA, M. C. **Avaliação dos aspectos da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena: município de Santa Maria - RS**. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Santa Maria, Santa Maria, 2004.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo: CETESB, 2009. 44 p. (série relatórios). Disponível em:

<<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>>. Acesso em: 08 de abr. 2014.

CORAZZA, R. **Relações entre variáveis espectrais e limnológicas no reservatório da usina hidrelétrica Dona Francisca-RS**. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

COSTA, F. J. L. da. **Estratégia de gerenciamento de recursos hídricos no Brasil: áreas de cooperação com o Banco Mundial**. Brasília: Banco Mundial, 2003.

CHEN, S. et al. Remote sensing analysis of rainstorm effects on sediment concentrations in Apalachicola Bay, USA. **Ecological Informatics**, v. 6, ed. 2, 2011, p. 147-155, Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574954110001123>>. Acesso em: 24 de jul. 2015.

DÍAZ, F. R.; LÓPEZ, F. J. B. **Bioestatística**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (DSG). Porto Alegre: **Camobi (MI-2965/2), Faxinal do Soturno (MI-2966/1), Júlio de Castilhos (MI-2948/2), Nova Palma (MI-2949/3), Val de Serra (MI-2948/9)**. Porto Alegre, 1980. (Carta Topográfica: Escala 1:50.000).

DURLO, M. A. **Biotécnicas no manejo de cursos de água**. Ciência & Ambiente, Vol. 1, n. 21, p. 81-90, jul./dez. 2000.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia: manejo biotécnico de cursos de água**. 2. ed. Santa Maria: Edição do autor, 2012. Disponível em:

<<http://www.slideshare.net/sutili/bioengenharia-manejo-biotcnico-de-cursos-de-gua>> acesso em: 14 de jun. 2013.

EPIPHANIO, J. C. N.; KRUG, T.; FORMAGGIO, A. R. Monitoramento ambiental e sensoriamento remoto na América Latina. In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. (Org.).

Geoinformação e monitoramento ambiental na América Latina. São Paulo: Editora Senac, 2008. cap. 2, p. 53-89.

ESTEVES, F. de A. Considerações históricas sobre a ciência da limnologia. In: _____ (Coord.). **Fundamentos de limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. cap. 1, p. 1-23.

ESTEVES, F. de A.; CALIMAN, A. Águas continentais: características do meio, compartimentos e suas comunidades. In: ESTEVES, F. de A. (Coord.). **Fundamentos de limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. cap. 6, p. 113-118.

ESTEVES, F. de A.; MENEZES, C. F. S. Papel da água e da limnologia na sociedade moderna. In: ESTEVES, F. de A. (Coord.). **Fundamentos de limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. cap. 3, p. 63-72.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental.** São Paulo: EPU/EDUSP, 1980.

FERNANDEZ, J. C.; GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos.** Salvador: EDUFBA, 2002.

FERRAZ, S. E. T.; ROBERTI, D. R. Padrões climáticos na região do extremo sul do Planalto Meridional brasileiro. In: SCHUMACHER, M. V. et al. (Org.). **A floresta estacional subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto meridional.** Santa Maria: [s. n.], 2011. cap. 1, p. 09-20.

FERREIRA, A. B.; PEREIRA FILHO, W.; ROSA, R. **Análise comparativa de variáveis limnológicas em três sub-bacias hidrográficas na região central do Rio Grande do Sul-Brasil.** Caminhos de Geografia, Uberlândia, n. 41, v. 13, mar. p. 15-28. 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16484/9206>>. Acesso em: 08 de mai. 2014.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FOLETO, E. M. As políticas públicas de conservação no ordenamento territorial. **GEOAMBIENTE ON-LINE**, Jataí, n. 21, jul./dez. 2013. Disponível em: <<http://revistas.ufg.br/index.php/geoambiente/article/view/27914/15769>>. Acesso em: 03 mai. 2014.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia.** São Paulo: Blucher, 2. ed., 1988.

GARCIA, L. de O. et al. Freshwater temperature in the state of Rio Grande do Sul, Southern Brazil, and its implication for fish culture. **Neotropical Ichthyology**, v. 6(2), p. 275-281, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ni/v6n2/16.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2014.

GARCIA, S. M. **Florestamentos compensatórios para retenção de água em microbacias.** 2001. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

GOOGLE EARTH PRO. **Guia do usuário.** Mountain View, 2015. Versão 7.1.2.2041. Sistema operacional Microsoft Windows (6.2.9200.0). Disponível em: <<http://earth.google.com/intl/pt-BR/userguide/v7>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

- HASENACK, H.; WEBER, E. (org.). **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/index.php?option=com_content&view=article&id=123:base50krs&catid=14:download-non-visible>. Acesso em: 06 nov. 2014.
- HOLANDA, J. L. R. **Desenvolvimento de um banco de dados georreferenciado (SIG) para as informações geológicas disponíveis no domínio Ceará central**. 2008. 74 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/diss_janolftaholanda.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2014.
- HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.
- JACINTHO, L. R. de C. Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas da gestão ambiental de unidades de conservação: o caso da área de proteção ambiental (APA) do Capivari-monos, São Paulo-SP. 2003. 121 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rc=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCQOFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.theses.usp.br%2Ftheses%2Fdisponiveis%2F44%2F44133%2Fde-14082003-230137%2Fpublico%2Fjacintho.pdf&ei=eTP3VLShOKi1sATKpoKACQ&usg=AFQjCNF8E4CjDXK09-ackrtjOe7nZWpb5g&bvm=bv.87519884.d.cWc>>. Acesso em: 15 dez. 2014.
- JENSEN, R. J. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- KILCA, R. V.; LONGHI, S. J. A composição florística e a estrutura das florestas secundárias no rebordo do planalto meridional. In: SCHUMACHER, M. V. et al. (Org.). **A floresta estacional subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do planalto meridional**. Santa Maria: [s. n.], 2011. cap. 4, p. 53-83.
- KLAMT, E.; DALMOLIN, R. S. D.; CABRAL, D. da R. **Solos do Município de São João do Polêsine: características, classificação, distribuição geográfica e aptidão de uso**. Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Solos, 1997.
- KURTZ, S. M. de J. M. **Metodologia para zoneamento florestal sub-bacia hidrográfica do rio soturno (RS) (área piloto)**. 2002. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.
- LEVIN, J. **Estatística aplicada a ciências humanas**. 2. ed. São Paulo: Harbra, 1987.
- MELLO FILHO, J. A de. **Estudo de microbacias hidrográficas, delimitadas por compartimentos geomorfológicos, para o diagnóstico físico-conservacionista**. 1994. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1994.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001.
- MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- MOTTA, V. T. **Bioestatística**. Caxias do Sul: Educs, 2006.
- NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 4. ed. 2010.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

OLIVIER, S. R. **La crisis eco-social y el desarrollo sostenible**. City Bell: Asociación Ecológica Foro Verde, 1995.

ORMOND, J. G. P. **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais**. Rio de Janeiro: BNDES, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/glossrio_bndes_textodoc_46.pdf>. Acesso em: 25 de jul. 2015.

PEREIRA FILHO, W. **Influência dos diferentes tipos de uso da terra em bacias hidrográficas sobre sistemas aquáticos da margem esquerda do reservatório de Tucuruí - Pará**. 2000. 138 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PRADO, D. de A. **Comparação de variáveis limnológicas em dois reservatórios do rio Jacuí no Rio Grande do Sul**. 2014. 101 f. Dissertação (Mestre em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

RAMBO, B. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural**. 3. ed. São Leopoldo: Unisinos, 2005. (Coleção Fisionomia Gaúcha).

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, SUDESUL, 1988.

ROBAINA, L. E. de S.; CRISTO, S. S. V. de, TRENTIN, R. Considerações geológicas e geomorfológicas sobre o rebordo do planalto meridional no Rio Grande do Sul. In: SCHUMACHER, M. V. et al. (Org.). **A floresta estacional subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto meridional**. Santa Maria: [s. n.], 2011. cap. 2, p. 21-31.

ROCHA, J. S. M. da. **Educação ambiental técnica para os ensinos fundamental, médio e superior**. Brasília: ABEAS, 2001.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.

RUHOFF, A. L. **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas**. 2004. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SANTOS, F. C dos. **Influência dos constituintes opticamente ativos na reflectância espectral da água do reservatório passo real, RS**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SCHUMACHER, M. V. et al. (Ed.). **A floresta estacional subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do planalto meridional**. Santa Maria: [s. n.], 2011.

SCHWARZBOLD, A. **Teorias ecológicas sobre rios**. *Ciência & Ambiente*, v. 1, n. 41, p. 05-20, jul./dez. 2010.

SHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A complexidade dos ecossistemas**. Porto Alegre: AFUBRA, 1997.

SILVEIRA, A. L. L. da. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. da. et al. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012. cap. 2, p. 35-51.

SILVEIRA, G. V. **Influência do uso da terra nos parâmetros limnológicos na bacia hidrográfica do rio Itu – RS**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

SIQUEIRA, R. de M. B.; HENRY-SILVA, G. G. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, Rio Claro, n. 39(2), 2011. Disponível em:

<[http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39\(2-6\).pdf](http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39(2-6).pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2014.

SOUZA, A. D. G. de; TUNDISI, J. G. hidrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré-Guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, n. 4, v. 60, nov. 2000. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbbio/v60n4/3901.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2014.

SOUZA, B. S. P. e. **A qualidade da água de Santa Maria/RS: uma análise ambiental das sub bacias hidrográficas dos rios Ibicuí Mirim e Vacacaí Mirim**. 2001. 234 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

STRASSBURGER, L. **Uso da terra nas bacias hidrográficas do rio do Peixe (SC) e do rio Pelotas (RS/SC) e sua influência na limnologia do reservatório da UHE-ITÁ (RS/SC)**. 2005. 137f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2005.

TUNDISI, J. G. Limnologia e gerenciamento integrado de recursos hídricos: avanços conceituais e metodológicos. **Ciência & Ambiente**, v. 1, n. 21, p. 9-20, jul./dez. 2000.

TUNDISI, J. G.; BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. da C. Os recursos hídricos e o futuro: síntese. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. cap. 23, p. 739-748.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

WACHHOLZ, F. **Compartimentação aquática do reservatório Rodolfo Costa e Silva-RS, a partir de variáveis limnológicas e imagens orbitais**. 2007. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

WETZEL, R. G. **Limnology: lakes and river ecosystems**. 3rd ed. San Diego: Academic Press. 2001.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. Light and temperature. In: _____. **Limnological analyses**. 3rd ed. New York: Springer, 2000. cap. 2, p. 15-32.

WILDNER, W. et al. **Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2006. (1 mapa colorido, 110 cm x 166 cm. Escala 1:750.000. Projeto Mapas Estaduais – PME).