

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOMÁTICA**

**INFLUÊNCIA DO AMBIENTE RURAL E URBANO EM
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS NA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO ARROIO ALBERTI - RS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Edison Antonio Alberti

Santa Maria, RS, Brasil

2016

**INFLUÊNCIA DO AMBIENTE RURAL E URBANO EM
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS NA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO ARROIO ALBERTI - RS**

Edison Antonio Alberti

Monografia apresentada ao Curso de Especialização do Programa de Pós-Graduação em Geomática, área de Concentração em Tecnologia da Geoinformação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), com requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Geomática.**

Orientador: Prof. Dr. Waterloo Pereira Filho

Santa Maria, RS, Brasil

2016

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Geomática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Monografia de Especialização

**INFLUÊNCIA DO AMBIENTE RURAL E URBANO EM VARIÁVEIS
LIMNOLÓGICAS NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO
ALBERTI - RS**

elaborada por
Edison Antonio Alberti

como requisito parcial para obtenção do grau de
Especialista em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA:

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

Janete Teresinha Reis, Dra. (UFRGS)

Diego de Almeida Prado, Me. (UFSM)

Santa Maria, 07 de março de 2016.

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.

A banca examinadora: Dra. Janete Teresinha Reis, Me. Diego de Almeida Prado e Me. Joceli Augusto Gross 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 Geomática pelo apoio para a realização das atividades de estudo.

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

Muito obrigado!

RESUMO

Monografia de Especialização
Programa de Pós-Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria

INFLUÊNCIA DO AMBIENTE RURAL E URBANO EM VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO ALBERTI – RS

AUTOR: EDISON ANTONIO ALBERTI

ORIENTADOR: WATERLOO PEREIRA FILHO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 07 de março de 2016.

Com este estudo visa-se identificar a influência que a área rural e a área urbana exercem nas variáveis limnológicas na microbacia hidrográfica do arroio Alberti, localizado no município de São João do Polêsine/RS. Para atingir este objetivo foi necessário a aquisição de dados limnológicos das águas do arroio em estudo e interpretação desses dados. As variáveis limnológicas utilizadas foram: temperatura da água, temperatura do ar, pH, condutividade elétrica, total de sólidos em suspensão e turbidez. Estas variáveis foram medidas em dois grupos amostrais distintos: primeiro período de julho a novembro de 2014, nessa modalidade foram realizados campos semanais, somando 21 coletas; o segundo período foi de janeiro a julho de 2015, neste caso foram realizados campos mensais, somando 7 coletas. Foi escolhido dois pontos amostrais, o primeiro ponto (P1), alocado a montante da área urbana de São João do Polêsine, e, o segundo ponto (P2) localizado a jusante desta cidade. Avaliou-se a influência da precipitação pluviométrica e dos ambientes adjacentes aos pontos amostrais nas variáveis limnológicas do arroio Alberti. A partir disso constatou-se que a localização do ponto amostral (P2) influenciou significativamente as variáveis condutividade elétrica e pH, devido ao lançamento de esgoto urbano a montante deste ponto. Já as variáveis turbidez e TSS foram influenciadas pela precipitação pluviométrica. Diante dos resultados, a importância do trabalho reside na aquisição de conhecimento e na geração de dados sobre os recursos hídricos e como estes respondem diante da ação antrópica, tendo em vista que seus conhecimentos contribuam para a manutenção da qualidade da água da microbacia hidrográfica, bem como, a compreensão dos processos que ocorrem nestes ambientes.

Palavras-chave: Microbacia Hidrográfica. Limnologia. Recursos Hídricos.

ABSTRACT

Specialization monograph
Post-Graduation Program in Geomatics
Federal University of Santa Maria

INFLUENCE OF AMBIENT RURAL AND URBAN ON LIMNOLOGICAL VARIABLES IN THE WATERSHED OF ALBERTI CREEK - RS

AUTHOR: EDISON ANTONIO ALBERTI

MENTOR: WATERLOO PEREIRA FILHO

Date and Place of Defense: Santa Maria, march 07 of 2016

This paper presents a study to identify the influence of the rural area and urban area in limnological variables in Watershed of Alberti creek, situated in the municipality of São João do Polêsine/RS. The methodology consists of the acquisition of limnological data from creek waters in the study and interpretation of these data. The Limnological variables used were: water temperature, air temperature, pH, electrical conductivity, total of solids suspension and turbidity. These variables were measured at two different sample groups: first period from July to November 2014, this modality used weekly courses, totaling 21 collect; the second period was from January to July 2015, this case were conducted monthly field, adding seven collect. Was chosen two sample points, the first point (P1), allocated the amount of the urban area of São João do Polêsine, and the second point (P2) located downstream of the city. We evaluated the influence of precipitation and adjacent environments to sample points in limnological variables of Alberti creek. The location of the sample point (P2) significantly affect the behavior of pH and electrical conductivity due to urban sewage release upstream of this point. The rainfall affected the variables turbidity and TSS. 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: Micro basin. Limnology. Water resources.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Mapa de localização da Microbacia Hidrográfica do Arroio Alberti – São João do Polêsine, Brasil/RS	12
Figura 2 –	Mosaico de fotografias dos cenários encontrados na área de estudo durante as coletas das amostras de água	34
Figura 3 –	Mosaico de fotografias dos equipamentos utilizados para obtenção dos dados das variáveis limnológicas	36
Figura 4 –	Precipitação pluviométrica nos meses de coleta de água e sinalização dos dias em que foram realizados os trabalhos de campo	39
Figura 5 –	Precipitação pluviométrica nos meses de coleta de água e sinalização dos dias em que foram realizados os trabalhos de campo	40
Figura 6 –	Variação da temperatura do ar durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti	42
Figura 7 –	Variação da temperatura da água durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti	43
Figura 8 –	Variação do potencial hidrogeniônico durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti	45
Figura 9 –	Variação da condutividade elétrica durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti	47
Figura 10 –	Variação do total de sólidos em suspensão durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti	48
Figura 11 –	Variação da turbidez durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti	49

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

°C – graus Celsius
μS – microsiemens
cm – centímetro
g – grama
km – quilômetro
km² – quilômetro quadrado
L – litro
m – metro
mg – miligrama
mg/L – miligrama por Litro
mm – milímetro
 P_{ig} – Peso inicial em grama
 P_{fg} – Peso final em grama
V – volume
APHA – *American Public Health Association*
BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CE – Condutividade Elétrica
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DS – Disco de Secchi
DSG – Diretoria de Serviço Geográfico do Exército
GPS – *Global Positioning System*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
OMM – Organização Meteorológica Mundial
pH – Potencial Hidrogeniônico
TSS – Total de Sólidos em Suspensão
UNT – Unidades Nefelométrica de Turbidez

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREAS DE ESTUDO.....	11
2.1 Microbacia hidrográfica do arroio Alberti.....	11
2.2 Características de solos, geologia e geomorfologia.....	13
2.3 Características climáticas	14
2.4 Características florestais.....	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
3.1 Importância da bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental	22
3.2 Limnologia	23
3.3 Variáveis limnológicas	26
3.3.1 Temperatura da água	27
3.3.2 Potencial hidrogeniônico - pH.....	27
3.3.3 Condutividade elétrica - CE	29
3.3.4 Total de sólidos em suspensão - TSS	30
3.3.5 Turbidez.....	31
4 METODOLOGIA.....	33
4.1 Trabalho de campo e localização dos pontos amostrais	33
4.2 Materiais empregados.....	34
4.3 Metodologia para determinação do TSS.....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 Dados pluviométricos.....	38
5.2 Temperatura do ar	41
5.3 Temperatura da água superficial.....	42
5.4 Potencial hidrogeniônico.....	44
5.5 Condutividade elétrica	46
5.6 Total de sólidos em suspensão	47
5.7 Turbidez	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo a natureza conseguiu manter relativa condição de equilíbrio. Todavia, durante o advento do século XX, a relação homem/natureza sofre uma grande transformação sob dois aspectos, um, em decorrência do desenvolvimento técnico-científico, e o outro, impulsionado pela concentração populacional em grandes aglomerados urbanos.

Porém, na primeira metade do século XX surgem movimentos em defesa do meio ambiente, com o objetivo de alertar a sociedade sobre o seu papel no estabelecimento e manutenção do modelo econômico baseado na exploração dos recursos naturais. Desta forma, as questões ambientais cada vez mais ganham espaço de destaque, pois estas relações estão na base do processo de desenvolvimento e de transformação das sociedades humanas.

A deterioração da capacidade assimilativa dos ecossistemas e da capacidade de regeneração dos recursos naturais renováveis a taxas compatíveis com desgastes impostos pelas atividades do homem, vem demandando uma revisão profunda sobre o tipo de relação que o homem mantém com a natureza. É difícil imaginar que as sociedades fiquem menos exigentes com relação à qualidade ambiental. Muito pelo contrário, só é possível antever cenários nacionais e internacionais em que a qualidade de vida passe a ser um dos tópicos prioritários na pauta de qualquer reivindicação social (ODUM, 1988).

O estudo ambiental pode ser feito tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais. O homem tem por tradição deteriorar o meio ambiente. Desta forma, indiscriminadamente, destroem as florestas, a fauna, as águas e os solos através das ações inadequadas, em decorrência da necessidade de matérias primas diversas para manter o processo produtivo industrial. Por outro lado, têm-se a necessidade premente das atividades extrativas, agrícolas e pecuárias a fim de suprir as necessidades alimentares da população (SOUZA, 2001).

O uso intensivo dos solos para a agricultura e dos recursos hídricos para os mais variados fins tem mostrado a crescente importância da quantificação, no tempo e no espaço, da produção, transporte e deposição de sedimentos nas bacias hidrográficas.

A relação homem e meio ambiente tem se constituído como forma de ocupação e exploração, considerando os recursos naturais como fontes geradoras de capital, os quais servem a todo tipo de especulação determinado pelo valor que lhes é atribuído. As transformações aceleradas em um determinado espaço acarretam em processos de degradação, reforçando a preocupação com o meio ambiente. A água é um bem essencial à vida e ao desenvolvimento socioeconômico das nações, entretanto, a escassez limita o abastecimento das

populações e o seu desenvolvimento. (CONCEIÇÃO; BONOTTO, 2002). Estas discussões estão relacionadas principalmente a mudança climática mundial, a exploração de áreas florestais, aos problemas sobre a disposição dos rejeitos urbanos, o tratamento adequado dos esgotos, entre outros.

A ação imposta pelo homem impõe ao meio ambiente natural, ocupa hoje papel de destaque nas discussões em todas as esferas da sociedade, em especial quando se trata de recursos hídricos, respaldado principalmente na tendência de escassez devido à crescente demanda, bem como, no aspecto de ordem qualitativa e quantitativa, especialmente nas regiões de maior concentração de demanda hídrica como nas áreas de cultivo de arroz ou em áreas com grande adensamento populacional e industrial.

Portanto, é importante que as pesquisas relacionadas aos recursos hídricos desenvolvidos no Brasil sejam objetos de políticas governamentais para o seu aperfeiçoamento e à formação de recursos humanos qualificados, no intuito de que o conhecimento científico colabore na solução dos problemas que afetam o desenvolvimento da sociedade. Sendo assim as áreas de estudo, cuja economia está fundamentalmente vinculada ao binômio agricultura/pecuária torna-se relevante estudos e projetos com vistas a equacionar os recorrentes problemas sobre a disponibilidade de água nos períodos onde ela é mais necessária.

O avanço da agricultura e o conseqüente aumento da utilização do solo, que, ao não ocorrer de forma planejada, ou seja, com remoção de sua cobertura vegetal e subsequente exposição deste às intempéries, ocasiona alterações no meio natural e, acelera o processo de erosão do solo, trazendo conseqüências negativas. Estas por vez podem ser desastrosas devido sua forte influência sobre o regime hidrológico e sedimentológico da bacia hidrográfica. Além disso nas áreas urbanas o lançamento de esgotos domésticos e industriais prejudicam a flora e fauna aquáticas e conseqüentemente o ecossistema circundante como um todo. Por isso a relevância de estudos elegendo a água como objeto de pesquisa.

Neste sentido, o objetivo geral da presente pesquisa consiste em identificar a influência da área rural e da área urbana em variáveis limnológicas nas águas do arroio Alberti.

Como objetivos específicos têm-se: 1º) Identificar a relação dos dados limnológicos a cada seção do curso d'água com a presença de área rural e área urbana junto a área de estudo; 2º) Avaliar a influência das atividades antrópicas nas áreas adjacentes aos pontos amostrais; 3º) Estudar as alterações nas variáveis limnológicas influenciadas pela carga detrítica transportada pelo escoamento superficial das águas de precipitação pluviométrica.

2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREAS DE ESTUDO

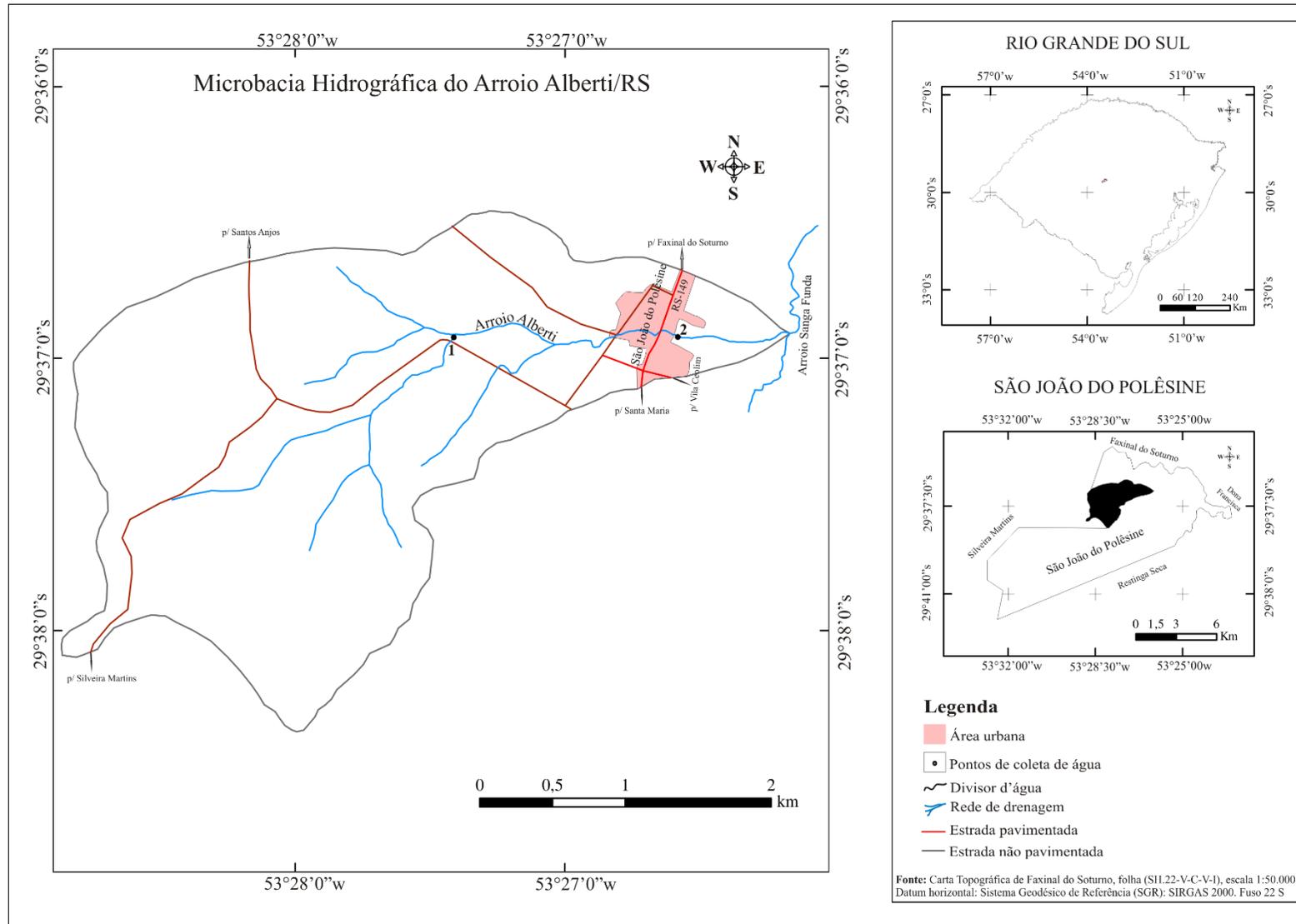
2.1 Microbacia hidrográfica do arroio Alberti

A microbacia hidrográfica do arroio Alberti faz parte do município de São João do Polêsine que está localizado na região central do Rio Grande do Sul, na transição entre o Rebordo do Planalto Meridional e a Depressão Central ou Periférica.

A área de estudo (Figura 1) foi delimitada utilizando-se como base cartográfica a Carta Topográfica de Faxinal do Soturno folha (SH.22.V-C-V-I), escala 1:50.000, produzida pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército e publicada em 1980 (DSG, 1980). Tendo por base o sistema de drenagem do arroio Alberti e pelo divisor de águas, com base nas curvas de nível, delimitou-se a sua microbacia hidrográfica, totalizando uma área de 7,6 km², a drenagem do rio principal tem aproximadamente 3,5 km de comprimento e largura média de 2 m. Com a delimitação da microbacia, a área de estudo ficou enquadrada entre as coordenadas geográficas 29°36'24" e 29°38'21" latitude sul e entre 53°26'06" e 53°29'16" longitude oeste.

O município de São João do Polêsine possui 85,2 km² de área. Segundo o Censo Demográfico 2010 (<http://www.ibge.gov.br>), possui uma população residente de 2.635 habitantes; a população residente urbana é composta de 1.354 habitantes, o que representa 51,4% sobre o total, e, a população residente rural é composta por 1.281 habitantes, representando 48,6% sobre o total, a diferença entre a população rural e população urbana não é significativa, essa diferença ficou em 2,8% a favor da população urbana. A economia do município tem grande dependência do setor agropecuário, destacando-se o arroz irrigado, milho e soja, sendo a cultura do arroz irrigado a de maior expressão.

Figura 1 – Mapa de localização da Microbacia Hidrográfica do Arroio Alberti - São João do Polêsine, Brasil/RS



2.2 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.

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).

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. 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.

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, siltito arenoso 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; e também a 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).

A geomorfologia da área de estudo apresenta um espaço morfoestrutural, pertencente aos seguintes compartimentos: Rebordo do Planalto Meridional Brasileiro, conhecido como Serra Geral, composto por rochas sedimentares e vulcânicas; Depressão Central ou Periférica, que apresenta uma configuração de coxilhas e planícies aluviais e os sedimentos Quaternários recentes (KLAMT, 1997).

O que caracteriza a Depressão Central é a existência de grandes extensões de planície aluviais e coxilhas sedimentares com declividade média. Os solos são de origem diferentes e com limitações moderadas a muito forte quanto à produção agrícola (IENSEN, 2009).

Os aluviões caracterizam-se por sedimentos do Pleistoceno e Holoceno depositados pelos rios no seu leito maior e material provindos dos compartimentos mais elevados. Os solos destas áreas são derivados de sedimento aluvionares de duas formações: i) aluviões compostos por (areias, argilas e cascalhos fluviais) e, ii) terraços fluviais, constituídos por (conglomerados, arenitos médios argilosos e siltitos arenosos fluviais) (KURTZ, 2002).

2.3 Características climáticas

O Rio Grande do Sul se encontra na posição latitudinal na passagem da zona tropical à temperada, ou seja, em latitudes subtropicais, apresentando um clima de transição entre tropical e temperado. 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; BRITTO; BARLETTA; MENDONÇA, 2008).

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região, assim como a área de estudo 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).

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 precipitam 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).

2.4 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, esta, pertence à formação Floresta Estacional Decidual (caducifólia). (BRENA; LONGHI, 1998).

A vegetação que recobre as áreas de 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 (SCHUMACHER; 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 matinhas 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).

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 (SCHUMACHER; HOPPE, 1997).

Segundo Schumacher et al. (2011), 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 subsídio para elaboração de programas de recuperação e preservação da biodiversidade existente nos remanescentes dessa floresta. A área do Rebordo comporta a maior área de floresta nativa do Estado, composta por áreas de diferentes tamanhos.

Deve-se considerar 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. Destaca-se que, apesar de o Planalto Meridional apresentar grandes remanescentes florestais, esses, encontram-se ameaçadas pelo desenvolvimento urbano e rural (KILCA; LONGHI, 2011).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde os tempos imemoriais o homem depende dos recursos naturais para a sua sobrevivência e desenvolvimento. No entanto, as formas como as sociedades humanas se relacionam com as fontes desses recursos, depende do estágio de amadurecimento cultural, intelectual e tecnológico. Assim, ao longo do tempo de amadurecimento e consolidação de sua capacidade técnica de exploração da natureza, a maneira como se exploravam os recursos naturais foram se modificando (SOUZA, 2001).

A utilização que o homem tem feito dos recursos naturais nem sempre ocorreu considerando suas características e as capacidades de recuperação. Entretanto, mais recentemente o homem passou a preocupar-se com os problemas ambientais. Estes, com reflexos ao próprio homem, levaram-no a procurar compreender melhor os fenômenos naturais e a entender que deve agir como parte integrante do sistema natural (MOTA, 1997).

O homem, ao lançar mão da superfície da Terra, gerou significativas alterações na cobertura vegetal original protetora do solo, substituída pela agricultura intensiva, por campos de pastagens, bem como, extensas áreas urbanizadas. Essa modificação na cobertura vegetal imprime mudanças na forma de atuação dos agentes erosivos sobre o solo e na estrutura rochosa da subsuperfície com conseqüente reflexo nos corpos d'água, visto que, a modificação do substrato sobre o qual a água escorre, modificam as condições de produção e transporte de substâncias detríticas no ambiente (SOUZA, 2001).

A natureza tem grande capacidade de recuperação e os seus recursos proporcionam ao homem uma satisfação para qualidade de vida. No entanto, essa capacidade não é ilimitada e, muitas vezes, um recurso natural degradado não tem condições de voltar às suas características originais, causando a destruição de seus componentes e sérios danos ao ser humano e ao meio ambiente natural como um todo.

Até recentemente, as grandes massas de água foram consideradas como reservatórios inesgotáveis, capazes de fornecer água pura eternamente e de receber e absorver quantidades ilimitadas de rejeitos provenientes da atividade humana. Foram séculos de utilização descuidada e sem planejamento, até se perceber, quase que tarde demais, o frágil equilíbrio que assegura a continuidade deste recurso, hoje tão ameaçado. Finalmente, e com urgência cada vez maior, a humanidade volta sua atenção aos recursos hídricos, sua conservação, seu uso, e a luta contra a poluição.

A água assume grande importância na vida dos seres vivos, uma vez que é elemento primordial e insubstituível para a existência. Além disso é também um dos elementos físicos mais importantes na composição da paisagem terrestre e, usos múltiplos. Mesmo sendo de extrema importância, rios e lagos vêm sendo comprometidos devido as crescentes demandas trazendo consequências na queda da qualidade das águas.

A água na biosfera através do ciclo hidrológico constitui, basicamente, num processo contínuo de transporte de massas d'água dos oceanos, lagos, rios e outras superfícies úmidas para a atmosfera e desta, através de precipitações, escoamento tanto em superfície como em subsuperfície novamente aos oceanos (ESTEVEZ; BARBIERI, 2011). Não é um mecanismo contínuo, em cada uma das fases do ciclo, o movimento da água ocorre de modo bastante aleatório, variando, tanto no espaço, como no tempo (ROCHA, 2001). No ciclo hidrológico a evaporação e a precipitação são os principais elementos responsáveis pela contínua circulação da água pelo planeta. A radiação solar fornece energia necessária ao ciclo hidrológico (ESTEVEZ; BARBIERI 2011).

Toda a água da terra faz parte do ciclo hidrológico, seja qual o estado em que se apresenta, sendo este um importante fenômeno comandado pela energia solar, a qual é responsável pela movimentação da água no planeta, bem como pela existência de água nos continentes. A precipitação, devida à ação gravitacional, se deposita na superfície terrestre na forma de chuva, neve, granizo, neblina e orvalho. Ciclo hidrológico pode ser considerado como o movimento contínuo da água nas fases sólida, líquida e gasosa, através da terra e da atmosfera. O ciclo da água na natureza é contínuo e sua quantidade é invariavelmente a mesma, o que muda de uma região para outra é a intensidade dos processos físicos que governam o seu ciclo natural (ROSA; PETRY; CARLESSO, 2000).

Em tempos pretéritos a água era usada principalmente para dessedentação, usos domésticos, criação de animais e para usos agrícolas, à medida que a civilização se desenvolveu outros tipos de usos foram surgindo, aumentando a exploração desse recurso natural que está se tornando cada vez mais escasso na forma potável. Os usos dos recursos hídricos têm se intensificado com o desenvolvimento econômico, tanto no que se refere ao aumento da quantidade e qualidade demandada, quanto no que se refere ao aumento da variedade desses usos.

Para Odum (1988), energeticamente o ciclo hidrológico é representado por dois circuitos: o circuito “ladeira acima”, movido pela energia solar (evaporação), e o circuito “ladeira abaixo”, (precipitação) com conseqüente liberação de energia utilizável pelos ecossistemas e realizando trabalho útil para o homem, como por exemplo, a produção de energia hidrelétrica.

É importante para a humanidade, no estágio de desenvolvimento que se encontra, compreender e entender o fluxo da água na natureza, haja visto o papel preponderante da água na vida humana.

As características dos rios têm sido sistematicamente alteradas no mundo todo, provocadas principalmente pela construção de represas, reservatórios, retificação e canalização de cursos de água, e indiretamente, 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 (SCHWARZBOLD, 2010).

É fundamental para o manejo de cursos d'água entender primeiramente os mecanismos que determinam a sua estabilidade e a movimentação de corpos sólidos na água, para compreender os fenômenos que os ocasionam e selecionar as técnicas adequadas para a resolução de possíveis problemas, sendo a bacia hidrográfica, a unidade geográfica fundamental para a realização deste tipo de estudo (DURLO; SUTILI, 2005).

O tributário principal de uma bacia hidrográfica espelha o termômetro da ação antrópica nela. Para conhecer qual a situação da bacia hidrográfica, com relação à qualidade ambiental, deve-se observar o seu rio principal. Este é o pressuposto básico para se iniciar os trabalhos de recuperação, conservação e preservação ambiental.

Bacia hidrográfica é uma área delimitada na superfície terrestre e composta por um conjunto de terra e, de canais de escoamento de água. Os principais elementos topográficos constituintes de uma bacia hidrográfica são: o divisor de águas, que delimita fisicamente a bacia; as vertentes, que orientam o escoamento e influenciam na velocidade e no volume de águas e de sedimentos transportados pela bacia de acordo com suas variações altimétrica e declividades; e a rede hidrográfica, composta por um conjunto de rios (afluentes e subafluentes) que convergem para um rio principal (TUCCI, 2002).

A quantidade de água que a bacia hidrográfica vai receber depende do tamanho da área ocupada e por processos naturais que envolvem precipitação, evaporação, infiltração, escoamento, etc. Também compreendida como rede hidrográfica, a mesma é uma unidade natural que recebe a influência da região que drena, é um receptor de todas as interferências naturais e antrópicas que ocorrem na sua área tais como: topografia, vegetação, clima, uso e ocupação etc. Assim um corpo de água é o reflexo da contribuição das áreas no entorno, que é a sua bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Segundo Tundisi (2005), a melhoria no sistema de planejamento e gerenciamento das águas devem contemplar os *processos conceituais*, ou seja, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento e a integração econômica e social; os *processos*

tecnológicos, que é o uso adequado de tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento; bem como, os *processos institucionais*, isto é, a integração institucional em uma unidade fisiográfica, a bacia hidrográfica, é fundamental.

Estudos relacionados a esta temática possuem importância relevante em Geografia, a análise da rede hidrográfica, e tendo a água como objeto de análise, conduz à compreensão e esclarecimento de uma série de questões devido a sua importância socioeconômica para a região. Outras questões relevantes quanto ao estudo da drenagem fluvial estão relacionadas aos processos geomorfológicos. Segundo Christofolletti (1980, p. 102), “(...) os cursos de água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre.” Por conseguinte, os rios constituem os agentes mais importantes no transporte dos materiais intemperizados constituintes de suas águas.

É importante destacar que os trabalhos fundamentados em bacias hidrográficas têm como objetivo o manejo apropriado para a recuperação e conservação dos recursos naturais renováveis, principalmente da água, dos solos e da vegetação (CAZULA; MIRANDOLA, 2010). Neste sentido, é fundamental medir e quantificar algumas das características topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e térmicas, assim como a cobertura vegetal, o uso e ocupação da terra, os quais desempenham papel importante no comportamento da bacia hidrográfica. Este monitoramento possibilita a geração de indicadores sensíveis de interações e alterações dos sistemas e ajuda a definir estratégias de utilização, gestão, controle e conservação (GARCEZ; ALVAREZ, 1988; SIQUEIRA; HENRY-SILVA, 2011). Sobre este mesmo enfoque Christofolletti comenta que:

Todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios. As condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia são fatores que controlam a morfogênese das vertentes e, por sua vez, o tipo de carga detrítica a ser fornecida aos rios. O estudo e a análise dos cursos de água só podem ser realizados em função da perspectiva global do sistema hidrográfico (Christofolletti 1980, p. 65).

Algumas características provenientes da bacia hidrográfica a tornam uma unidade bem definida, permitindo a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental, além de permitir aplicação adequada de tecnologias avançadas. Segundo Tundisi (2005, p. 107) a bacia hidrográfica, como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, representa um avanço conceitual muito importante e integrado da ação humana.

Os rios podem ser considerados como as artérias dos ecossistemas componentes de uma bacia hidrográfica. Atualmente o manejo de rios, bem como, as decisões para a administração estão sujeitas, primeiramente, aos históricos de processos naturais de um lado, e os usos do solo, os efeitos da expansão industrial, do crescimento e consumo das populações humanas, da carga de materiais, e das modificações no seu curso - que implicam na alteração das características do escoamento, da qualidade da água, da distribuição dos sedimentos e da vida aquática - de outro lado (SCHWARZBOLD, 2000).

Para entender um rio como formador da paisagem faz-se necessário descrever, os componentes abióticos de um sistema fluvial: hidrologia, clima e geomorfologia. A hidrologia representa o fluxo desde a nascente à foz. O clima é o condicionante básico da tipologia de cada rio, a variável precipitação delimita as condições hidrológicas e ecológicas. Geomorfologicamente, um rio é visto como uma etapa do ciclo hidrológico atuando na erosão, transporte e deposição de materiais dissolvidos, sendo que sua dinâmica ou o efeito da força da água modificam o leito por erosão ou acumulação (SCHWARZBOLD, 2010).

Os recursos hídricos provenientes de uma bacia hidrográfica podem ser utilizados para diversos fins, como: uso agrícola, abastecimento público, dessedentação de animais, lazer e o turismo ou a indústria. Neste ambiente os elementos interdependentes funcionam harmonicamente conduzidos por fluxos de massa e/ou energia de modo que cada um dos seus componentes reflete um sobre os outros as mudanças nele impostas por estímulos externos.

Os ecossistemas terrestre e aquático são ambientes integrados de uma bacia hidrográfica, os quais podem ser influenciados por fatores naturais como, clima, geologia, declividade, solos, cobertura vegetal, como também pela ação antrópica com o uso e ocupação do solo de forma desordenada. Entre tantas variáveis que influenciam diretamente os corpos hídricos, se sobressai a ação antrópica, que geram grandes alterações no meio ambiente trazendo como consequência o desequilíbrio ambiental.

Um dos problemas é a ocupação de áreas consideradas de preservação permanente, e a ausência de mata ciliar favorece a erosão do solo, principalmente em períodos chuvosos, quando aumenta o escoamento superficial e a vazão dos rios carreando material para dentro dos leitos, e como consequência altera a qualidade da água, assim como ocasiona assoreamento, quando da redução da capacidade e competência de transporte da água no leito dos rios.

Os problemas ambientais agravaram-se nas últimas décadas, como consequência do crescimento populacional, especialmente com a intensificação das atividades humanas, tais como a industrialização, impermeabilização do solo urbano, a agropecuária, a extração de minério, e outras ações degradadoras. O crescimento populacional vem impulsionando o

desenvolvimento e o aumento da produção de alimentos, bem como o surgimento de grandes áreas urbanas, sendo as consequências decorrentes destes fatos são observados no âmbito dos recursos hídricos (BALARINE, 2000). A concentração da população nos grandes centros e a consequente concentração das atividades que potencialmente se apropriam do meio ambiente, agravam os conflitos pelo uso de recursos hídricos, cada vez mais escassos, seja pelo crescimento da demanda, seja pela degradação de sua qualidade (MANTELLI, 2012).

3.1 Importância da bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental

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.

As bacias hidrográficas tornaram-se as unidades mais indicadas para estudos de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, e, a forma mais adequada para concretizar esses levantamentos, independentemente do tamanho. Desse modo, bacia hidrográfica é uma área bem definida e fechada topograficamente onde as águas que incidem nesta área fluem para um único ponto de descarga, o seu exutório. Segundo Tundisi (2005), a bacia hidrográfica se torna uma unidade bem caracterizada devido certas características que a contém, a qual permite a integração multidisciplinar entre os diversos sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental, bem como, a otimização dos usos múltiplos sob a ótica de um desenvolvimento sustentável.

Nos estudos sobre bacia hidrográfica é fundamental medir e quantificar algumas das características topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e térmicas, assim como a cobertura vegetal, o uso e ocupação da terra, os quais desempenham papel importante no seu comportamento. Em projetos desenvolvidos em bacias hidrográficas, podem ser levantadas vários aspectos e dados relativos quanto a qualidade e quantidade de água. 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 (GARCEZ; ALVAREZ, 1988; SIQUEIRA; HENRY-SILVA, 2011).

Um dos problemas em corpos d'água é a ocupação de áreas consideradas de preservação permanente, e a ausência de mata ciliar favorece a erosão do solo, principalmente em períodos

chuvosos, quando aumenta o escoamento superficial e a vazão dos rios carreando material para dentro dos leitos, e como consequência altera a qualidade e o fluxo da água, assim como ocasiona assoreamento, quando da redução da capacidade e competência de transporte da água no leito dos rios.

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 conseqüências 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 para contenção de enxurradas, produz a perda de nutrientes do solo, uma vez que são transportados pela água das chuvas e depositando-se no leito dos rios.

Segundo Sutili, Durlo e Bressan (2004), a erosão marginal em um pequeno trecho do curso d'água, muitas vezes requer, além de medidas corretivas locais, intervenções em outros trechos do leito ou até mesmo em toda a bacia hidrográfica. É preciso buscar soluções capazes de corrigir os problemas, tais como a estabilidade de encostas marginais e impedir a dinâmica de erosão e sedimentação.

3.2 Limnologia

Segundo Esteves (2011), inicialmente a Limnologia ficou conhecida como a ciência que estuda os lagos, visto que, a etimologia da palavra (*Limné*, palavra grega que significa lago). Assim as primeiras pesquisas foram realizadas quase que exclusivamente em lagos. Entretanto, no primeiro Congresso Internacional de Limnologia, foi decidido ampliar os campos de atuação desta ciência, incluindo outros ecossistemas aquáticos continentais.

Neste contexto, Esteves (2011, p. 6), avança no conceito de Limnologia e define “(...)”, 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.

Originalmente os estudos em Limnologia 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. O uso destas metodologias 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). 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.

A água é o solvente universal, além de sua estrutura é composta por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, a água 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).

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). 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. Sua qualidade pode ser avaliada através de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Assim, podemos considerar a unidade ecológica em trabalho de pesquisa, o rio ou o lago mais a bacia de drenagem. Desse modo, 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).

Os sistemas aquáticos são compostos de duas variáveis bem distintas e influenciadas pela ação antrópica e pelo meio natural. Compreendem 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. 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).

As temperaturas da água de rios são 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, advecção¹ de calor das águas subterrâneas, de montante e influxo dos tributários (WETZEL, 2001).

Outros fatores podem influenciar na temperatura 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).

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 (autóctones²) ou dentro da bacia de drenagem terrestre (alóctone³) 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).

Ambientes com água corrente (ambientes lóticos) comparativamente aos ambientes com águas paradas (ambientes lênticos), 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 características muito variáveis e a presença de material particulado em suspensão constitui-se de detritos orgânicos e inorgânicos (FERREIRA; PEREIRA FILHO; ROSA, 2012).

¹ Segundo Dicionário Houaiss da língua portuguesa: transmissão do calor pelo deslocamento de massa atmosférica no sentido horizontal (HOUAISS; VILLAR, 2009).

² Segundo Dicionário Houaiss da língua portuguesa: que se origina da região onde é encontrado, onde se manifesta (HOUAISS; VILLAR, 2009).

³ Segundo Dicionário Houaiss da língua portuguesa: que ou aquele que não é originário do país onde habita (HOUAISS; VILLAR, 2009).

Para Corazza (2010), 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.

É importante destacar 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. 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).

3.3 Variáveis limnológicas

A qualidade da água é resultante dos diversos processos naturais ou antrópicos que se desenvolvem na bacia hidrográfica, sendo bastante dependente 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.

Cada uma das variáveis de qualidade da água foi avaliada de forma individualizada, apresentando-se suas principais características. 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, dados que foram obtidos a partir da coleta de amostras de água dos seguintes parâmetros descritos a seguir.

3.3.1 Temperatura da água

A temperatura da água é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. Sua variação ao longo do ano são parte do regime climático normal em que está submetido, apresentando variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical (CETESB, 2009).

Pode ser considerada a característica mais importante do meio aquático. Influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução. É um dos fatores que influenciam na existência e interdependência dos organismos vivos que existem na água. Seu efeito não pode ser considerado separadamente de outros fatores ambientais (BENETTI; BIDONE, 2002).

A variação da temperatura em corpos hídricos pode ser associada a fenômenos climáticos e a ação antrópica, exemplo, lançamento de efluentes industriais, como descargas de torres de resfriamento das usinas térmicas alimentadas ou com combustíveis fósseis (carvão e petróleo) ou por energia nuclear (FELLENBERG, 1980).

Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água. O aumento excessivo da temperatura pode estimular o crescimento de organismos que produzem gosto e odor desagradável à água; diminuir a solubilidade do oxigênio dissolvido; aumentar o metabolismo, respiração e demanda de oxigênio da vida aquática; bem como, aumentar a toxicidade de substâncias químicas. Influencia na operação das ETAs (Estação de Tratamento de Água), nas unidades de floculação/sedimentação, deposição de lodos e estratificação térmica em reservatórios e diminuição da solubilidade do oxigênio (BENETTI; BIDONE, 2002).

3.3.2 Potencial hidrogeniônico - pH

O potencial hidrogeniônico afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. A Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6,0 e 9,0 (BRASIL, 2005). Alterações nos valores de pH também podem aumentar

o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados.

O pH exprime a medida da atividade do íon hidrogênio numa amostra de água, representa o equilíbrio entre íons de hidrogênio (H^+) e íons oxidrilas (OH) no meio; varia de 0 a 14. O pH inferior a 7 indica água ácida, neutra para pH igual a 7 e alcalina para pH maior que 7 (BENETTI; BIDONE, 2002; VON SPERLING, 1996).

Odum (1988), considera que solos e águas com pH baixo (ácidos) são frequentemente deficientes em nutrientes e possuem baixa produtividade. O pH pode ter origem natural, que pode ser da dissolução de rochas; da absorção de gases da atmosfera; da oxidação da matéria orgânica e da fotossíntese. Já a origem antropogênica se dá a partir de despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica), bem como dos despejos industriais, como por exemplo, lavagem ácida de tanques (VON SPERLING, 1996).

A concentração do íon hidrogênio acaba determinando na disponibilidade de muitas substâncias nutrientes. Valores baixos de pH proporcionam que alguns metais traços se tornam mais solúveis. Em condições de pH elevado, o ferro está menos disponível para algumas plantas, interferindo na produção de toda comunidade aquática. Valores elevados de pH em corpos d'água poderão afetar de forma letal comunidades de peixes e outras vidas aquáticas ou provocar o desaparecimento dos seres vivos presentes na mesma (MOTA, 1997).

O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos. A faixa de pH permissível depende de uma série de fatores, tais como: temperatura, oxigênio dissolvido, aclimatação e o conteúdo de vários cátions e ânions. Nas águas para abastecimento humano, o pH é um parâmetro importante, podendo afetar o gosto da água e a eficiência do processo de tratamento, ou seja, o pH baixo torna a água corrosiva, o contrário acontece, pH elevado tende a formar incrustações nas tubulações interferindo no processo de tratamento e o sistema de distribuição. Um rápido aumento do pH ocasiona um acréscimo na concentração de amônia, que é tóxica (CERETTA, 2004).

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).

3.3.3 Condutividade elétrica - CE

A condutividade elétrica é a medida da capacidade da água para conduzir corrente elétrica. É indicativa da matéria ionizável total presente na água, ou seja, está diretamente relacionada com os elementos nela dissolvidos, da disponibilidade iônica no meio aquático e da temperatura, e, indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes (PEREIRA FILHO, 2000; SOUZA, 2001; CETESB, 2009).

Também fornece informações sobre o 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, assim, é, fornecedora de boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornecendo indicação das quantidades relativas dos vários componentes. Esta variável indica sobre modificações na composição de um corpo d'água, especialmente na sua composição mineral. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica aumenta. (CERETTA, 2004).

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). Na agricultura a água com alta condutividade elétrica pode causar a salinização de solos em áreas de produção de culturas irrigadas, reduzir a produtividade na piscicultura, interferir em processos industriais, além de impossibilitar o seu consumo por conferir gosto salgado (BRASIL, 2005).

A condutividade elétrica é uma variável importante em limnologia, fornecendo importantes informações sobre o metabolismo do sistema aquático, bem como sobre fenômenos importantes na área de drenagem. A sua variação diária fornece informações importantes sobre os ecossistemas aquáticos, como produção primária (redução de valores) e decomposição (aumento de valores). Também pode ajudar na detecção de fontes poluidoras, bem como pode identificar diferenças geoquímicas entre afluentes do rio principal ou de um lago (ESTEVES, 2011).

3.3.4 Total de sólidos em suspensão - TSS

Em águas naturais os sólidos suspensos são constituídos por detritos orgânicos, plâncton e sedimentos de erosão. Produzem efeitos indiretos na vida aquática, seja pelo impedimento da penetração de luz nos corpos d'água, reduzindo o oxigênio dissolvido e também induzem ao aquecimento da água (CERETTA, 2004).

Segundo Esteves e Santos (2011), os sólidos presentes na água indica a presença de substâncias particuladas suspensas, sejam elas, orgânicas, inorgânicas, microrganismos e fitoplâncton. Isso ocorre devido, principalmente a duas propriedades físicas da água: o peso específico e a viscosidade. O elevado peso específico da água, possibilita a existência da flora e fauna, bem como de outros materiais particulados em suspensão, como por exemplo, os síltes e as argilas. O peso específico está relacionado a densidade da água, ou seja, a água no estado líquido possui maior densidade do que no estado sólido (gelo), nesta situação lagos e rios em regiões frias o gelo flutua na superfície e possibilita a existência de organismos aquáticos logo a baixo do gelo. Já a viscosidade é a resistência que a água oferece ao deslocamento de todos os organismos e elementos presentes na água, sejam eles microscópicos e/ou macroscópicos.

Em águas naturais, os sólidos suspensos estão constituídos por detritos orgânicos, plâncton e sedimentos de erosão (CERETTA, 2004). Segundo Arraut (2005), 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.

A presença de sólidos suspensos quanto de sólidos dissolvidos em corpos d'água natural faz parte da natureza intrínseca, no entanto, em determinadas situações podem ocasionar problemas. Em recursos hídricos, 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 (CETESB, 2009).

Partículas orgânicas ou inorgânicas chegam aos ambientes aquáticos através do escoamento superficial. Para Wachholz (2007), 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, ou seja, áreas florestais disponibilizam uma menor quantidade de partículas para o sistema aquático que áreas agrícolas.

3.3.5 Turbidez

A turbidez em uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (esta redução dá-se por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral (CETESB, 2009). Sua determinação se dá por Unidades Nefelométrica de Turbidez – UNT.

É representado pela presença de material particulado em suspensão na água, as argilas, siltes, substâncias orgânicas finamente divididas, microrganismos e outras partículas, originados de processos naturais de erosão, como de esgotos domésticos e industriais, variando desde partículas que se depositam, com tamanho superior a 1 μ até as que permanecem em suspensão por muito tempo. O excesso de turbidez na água diminui a penetração da luz ocasionando a redução dos processos fotossintéticos dos organismos, 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 atingindo toda cadeia trófica presente nos corpos d’água (CERETTA, 2004).

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).

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, exemplos de fenômenos que 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 atinge negativamente os usos domésticos, industriais e recreacionais de um corpo d’água (CETESB, 2009).

É importante o estudo da turbidez, pois esta pode trazer alguns problemas. Quando de origem natural não traz inconveniência sanitárias diretas, porém, esteticamente é desagradável a água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos, quando adsorvidos a essas partículas diminui 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).

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta monografia realizou-se pesquisa de gabinete e atividades a campo, contemplando levantamento bibliográfico referente aos temas abordados na pesquisa, assim como coleta de dados a campo e análise em laboratório.

4.1 Trabalho de campo e localização dos pontos amostrais

As coletas das amostras de água na área de estudo foram realizadas de duas maneiras distintas. Inicialmente foram realizadas coletas semanais entre os dias 14 de julho a 30 de novembro de 2014 em dois pontos amostrais, neste caso totalizando 21 coletas. O primeiro ponto (P1), alocado a montante da área urbana de São João do Polêsine e, o segundo ponto (P2) localizado a jusante desta cidade. Já, na segunda forma, foram realizadas coletas mensais, entre os dias 11 de janeiro a 26 de julho de 2015, totalizando 7 coletas nesta fase, também nos mesmos pontos amostrais. Estes pontos foram escolhidos pela proximidade e facilidade de acesso para a coleta das amostras de água.

Na Figura 2, observa-se a sequência de fotografias obtidas no trabalho de campo para evidenciar a situação encontrada em cada uma das estações amostrais no dia da coleta. No primeiro ponto amostral (P1) fica localizado a montante do perímetro urbano de São João do Polêsine, em área de transição entre os compartimentos geomorfológicos da Depressão Central e o Rebordo do Planalto Meridional, suas imediações caracterizam-se pelas atividades agropecuárias, destaca-se o cultivo do arroz nas várzeas e, soja e milho em terrenos mais declivosos. Notou-se em muitos trechos das margens do arroio, tanto a montante quanto a jusante a falta da mata ciliar, bem como, margens erodidas devido a supressão da cobertura vegetal em algumas seções do arroio.

Figura 2 – Mosaico de fotografias dos cenários encontrados na área de estudo durante as coletas das amostras de água



Fonte: Edison Antonio Alberti, 2016

Exemplos de situações encontradas durante o período de coleta de água na área de estudo. Ponto localizado a montante do perímetro urbano **P1** (A, B e C), ponto localizado a jusante do perímetro urbano **P2** (D, E e F).

O segundo ponto amostral (P2) fica localizado a jusante do perímetro urbano de São João do Polêsine, este, na Depressão Central; os ambientes encontrados neste ponto intercalam áreas de campo, lavouras e o perímetro urbano, também se evidenciou neste ponto, a deposição de areia nas margens e no leito do arroio, bem como, a quase inexistência de mata ciliar nas margens nesta seção do arroio em estudo, é importante mencionar que o trecho em que o arroio passa pelo perímetro urbano está canalizado.

4.2 Materiais empregados

Para a execução deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais (Figura 3):

1) Carta Topográfica: como base cartográfica para a elaboração do mapa base, folha: Faxinal do Soturno (SH.22.V-C-V-I), escala 1:50.000 para a delimitação da área de estudo, elaboradas pela Diretoria de Serviços Geográficos (DSG, 1980);

2) 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;

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

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

5) Termômetro digital: para a coleta da temperatura do ar e da água a campo (Figura 3a);

6) Conjunto para filtrar e bomba de vácuo (Primatec): foi utilizado aparelho de filtração acoplado a bomba de vácuo (Figura 3b);

7) Condutivímetro (HANNA - HI99300): para determinação da condutividade elétrica, calibrado com solução padrão 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 3c);

8) Peagâmetro (HANNA - HI8424): utilizado para registrar o pH (potencial hidrogeniônico) das amostras de água, calibrado com solução padrão pH 4 e pH 7 (Figura 3d);

9) Sonda multiparâmetro (Horiba - U53): para a determinação da turbidez (Figura 3e);

10) Estufa: foi utilizada a estufa de esterilização universal, para secagem dos filtros (Figura 3f);

11) Balança (BEL-210A/classe I): foi utilizada a balança de precisão para a pesagem dos filtros (Figura 3g);

12) Filtros de celulose: para determinação do TSS, fabricados pela Millipore e Placas de Petri: recipiente de vidro e/ou plástico para acondicionar os filtros (Figura 3h).

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 em campo (*in situ*) foram: temperatura do ar e temperatura da água superficial, medidas com termômetro digital. Essas informações foram complementadas com os dados de precipitação registradas pela Estação Automática de Santa Maria/INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, localizada no campus da Universidade Federal de Santa Maria.

Figura 3 – Mosaico de fotografias dos equipamentos utilizados para obtenção dos dados das variáveis limnológicas



Fonte: Edison Antonio Alberti, 2016

As variáveis identificadas em laboratório foram: total de sólidos em suspensão (TSS), condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), e a turbidez.

4.3 Metodologia para determinação do TSS

Para a determinação dos valores de total de sólidos em suspensão em laboratório foi realizado com método de filtragem 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 filtragem 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) com os filtros numerados e acondicionados em placas de *petri*, a primeira etapa consiste na secagem dos filtros, realizada em estufa a temperatura de 60 °C por um período de 24 horas (CETESB, 2009).

b) a segunda etapa consiste na pesagem dos filtros para a determinação do peso inicial [P_i =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 filtragem das amostras feitas com o auxílio de um conjunto para filtrar. As garrafas de água são agitadas antes de proceder à filtragem para homogeneizar a amostra e a medida do volume da água é feita com uma proveta. No processo de filtragem, o filtro é colocado numa base de apoio de um funil que está devidamente ajustado ao conjunto de filtragem, 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 =Peso final (g)], outra unidade da equação.

Com os valores das pesagens, tanto do peso seco inicial (P_i) quanto do peso seco final (P_f) e do volume filtrado para cada amostra, procede-se o cálculo, utilizando-se para isso a equação (1). A diferença entre peso final e peso inicial após desidratação é a quantidade de sólidos total (TSS) presente nas amostras.

$$TSS = \left(\frac{P_f - P_i}{V} \right) \times 1.000 \quad (1)$$

Onde:

TSS=Total de Sólidos em Suspensão; P_f =Peso final (g); P_i =Peso inicial (g); V =Volume (L).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo constitui-se na apresentação dos resultados em que foram obtidos a partir da análise dos dados coletados a campo. A análise dos resultados encontra-se dividida em duas partes principais: 1) resultados da análise dos dados pluviométricos; e 2) resultados das variáveis limnológicas (temperatura do ar, temperatura da água superficial, pH, condutividade elétrica, total de sólidos em suspensão e turbidez), para isso foram elaborados gráficos para a interpretação destes dados.

5.1 Dados pluviométricos

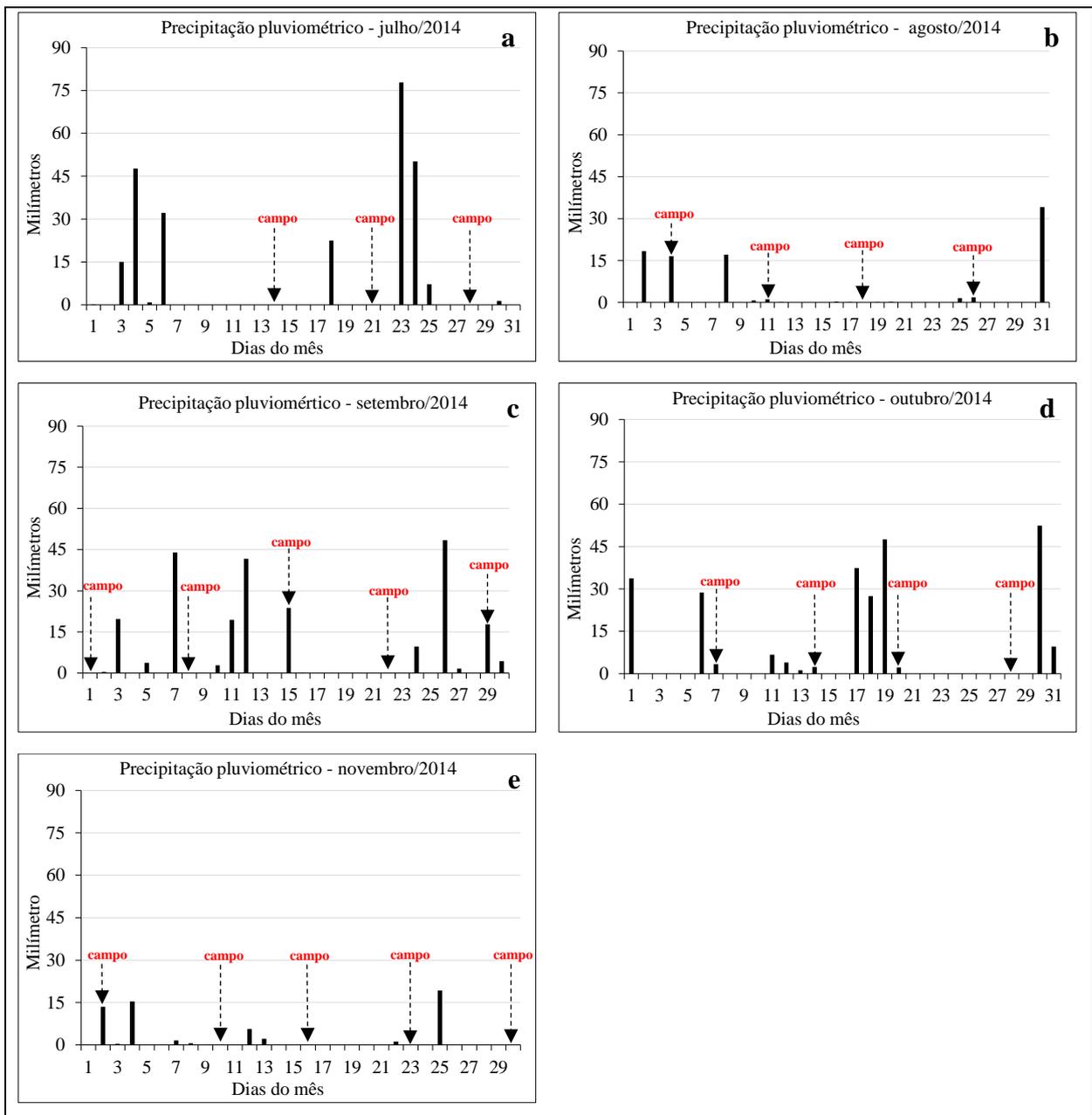
Os índices pluviométricos de qualquer região do planeta apresentam variação durante o ano hidrológico. Dados de chuva em pesquisas são sempre importantes quando se trabalha com a natureza, ou projetos em que algum elemento do ambiente natural faz parte das inter-relações. Dados de chuva devem ser levados 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.

Nas Figuras (4) e (5) são apresentados os gráficos com as variações da precipitação diária durante os meses da realização deste trabalho, bem como, indica o dia em que foi realizado o campo para a coleta de água. Estas informações fornecem subsídios para a interpretação dos dados limnológicos, visto que, as precipitações pluviométricas influenciam nas características da água de forma mais intensa, quanto maior o volume precipitado e/ou quanto a proximidade ao dia da coleta da amostra de água. 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.

Observa-se no gráfico do mês de julho de 2014 (Figura 4a) que as chuvas se concentram na primeira semana do mês e, nos seus últimos nove dias, 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. Em agosto (Figura 4b) o índice de chuva diminui consideravelmente em relação ao mês anterior, as chuvas mais volumosas ocorreram na primeira semana e no último dia do mês. Podemos observar nas Figuras (4c) e (4d) que nos meses de setembro e outubro ocorreram chuvas mais abundantes e relativamente

bem distribuídas durante o mês, a exceção fica entre os dias 16 a 23 de setembro de 2014 e, entre os dias 21 a 29 de outubro de 2014 que não choveu, interferindo desta forma nos resultados das variáveis limnológicas analisadas. O mês de novembro (Figura 4e) registrou os menores volumes de chuva durante o período do trabalho de campo.

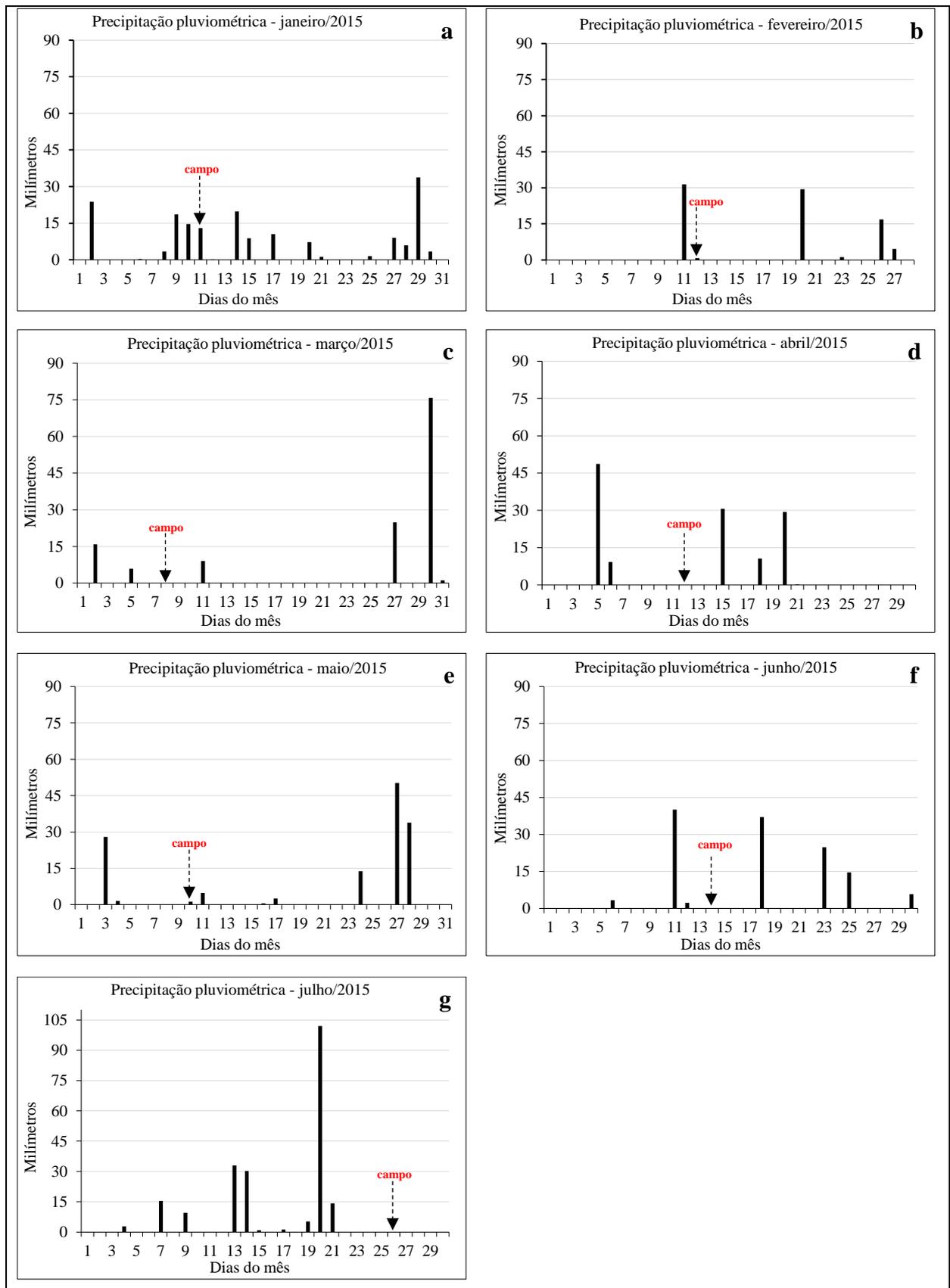
Figura 4 – Precipitação pluviométrica nos meses de coleta de água e sinalização dos dias em que foram realizados os trabalhos de campo/2014



Fonte: Edison Antonio Alberti, 2016

Na Figura 5 encontram-se representados gráficos da precipitação pluviométrica e indicação dos dias dos trabalhos de campo durante o ano de 2015.

Figura 5 – Precipitação pluviométrica nos meses de coleta de água e sinalização dos dias em que foram realizados os trabalhos de campo/2015



Fonte: Edison Antonio Alberti, 2016

Entre janeiro a julho de 2015 as coletas de amostras de água foram realizadas mensalmente. Observa-se no gráfico do mês de janeiro de 2015 (Figura 5a), que choveu nos três dias antes da coleta de água do dia 11, essa chuva influenciou nos dados de algumas variáveis limnológicas, especialmente o TSS, a condutividade elétrica e o pH. No mês de fevereiro (Figura 5b) também choveu no dia anterior a coleta de amostra de água, influenciando nos dados do pH e da condutividade elétrica.

Durante os meses de março, abril e maio (Figuras 5c, 5d, 5e) as chuvas ocorrias neste período pouco influenciaram nos dados das variáveis limnológicas, devido ao pouco volume precipitado e a distância em relação ao dia da coleta.

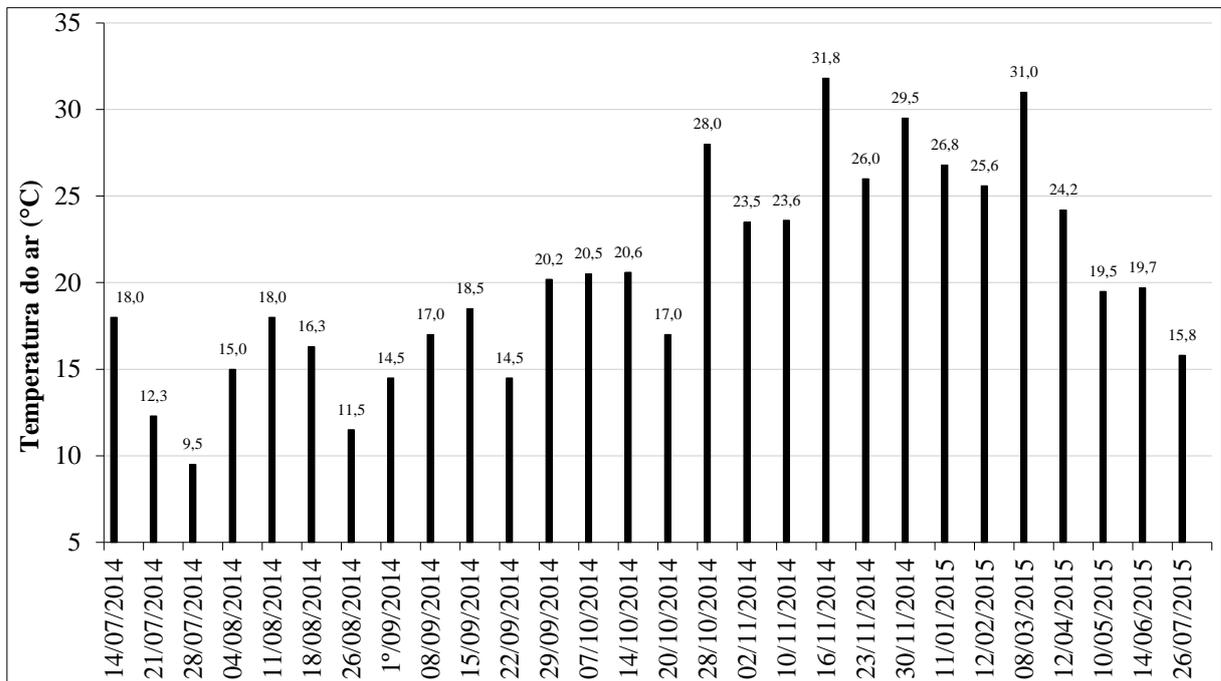
Nos meses de junho e julho (Figuras 5f, 5g) as chuvas anteriores as coletas das amostras de água influenciaram nos dados das variáveis limnológicas, principalmente a turbidez e o TSS, devido ao maior carregamento de material particulado para as águas do arroio Alberti, pois neste período, o solo das lavouras está exposto devido a colheita já realizada.

5.2 Temperatura do ar

A temperatura do ar é variável, no tempo e no espaço, esta alteração diária e ao longo do ano são normais e fazem 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. Neste trabalho, foram adquiridos ao longo de um ano, 28 registros de temperatura do ar, apesar das coletas não serem homogêneas quanto a periodicidade; estas refletem bem a passagem das estações do ano ao longo do período de coleta. Durante este intervalo de tempo a variação da temperatura do ar foi de 9,5 °C no dia 28/07/2014, temperatura mais baixa; a 31,8 °C no dia 16/11/2014, temperatura mais alta, conforme demonstrado na Figura 6 podemos observar os dados de temperatura do ar no dia da realização do trabalho de campo.

Figura 6 – Variação da temperatura do ar durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti



Ao analisar os dados da temperatura do ar nota-se que ocorreu aumento de seus valores em função da passagem das estações do ano. De modo geral os valores da temperatura do ar no período de 29/09/2014 a 12/04/2015 ficaram acima dos 20 °C, exceto o dia 20/10/2014 que ficou em 17 °C, isso ocorre por causa do aumento da temperatura conforme nos aproximamos do verão e consequente aumento diário da temperatura ambiente.

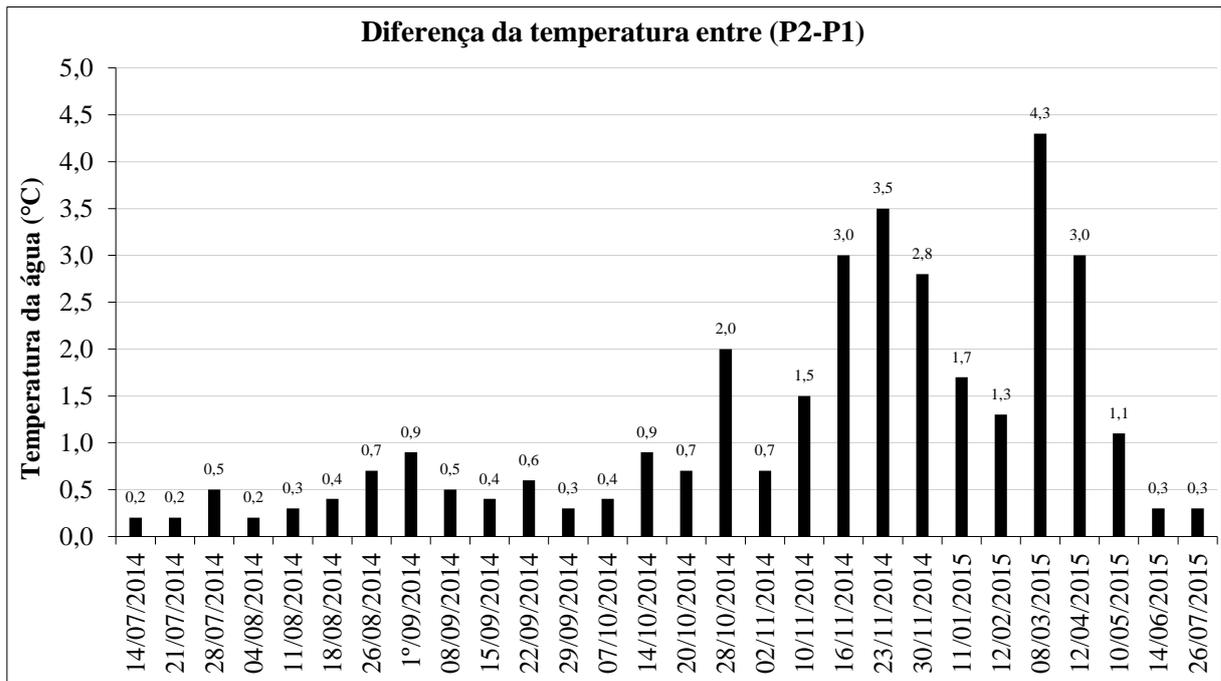
5.3 Temperatura da água superficial

A temperatura da água é um parâmetro ambiental de grande importância devido sua influência sobre os seres vivos aquáticos. Uma série de condicionantes intervêm na temperatura superficial da água, tais como: estação do ano, circulação do ar, hora do dia, cobertura de nuvens, vegetação, profundidade do corpo d'água, vazão, latitude e altitude, esta elevação também tem relação direta com despejos industriais e usinas termoelétricas.

Para este trabalho os dados de temperatura da água nos pontos de coleta foram obtidos da camada superficial. Podemos observar na Figura 7 a diferença da temperatura da água entre

o ponto 2 (P2), localizado a jusante do perímetro urbano de São João do Polêsine e o ponto 1 (P1), localizado a montante desta cidade.

Figura 7 – Variação da temperatura da água durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti



O cálculo da diferença das temperaturas foi realizado desta forma (P2-P1) pelo fato de que, a temperatura da água no P2 é maior que no P1. Isto ocorreu certamente influenciado pelo tipo de uso e ocupação das terras nas imediações desses pontos e, bem como, influenciado pela sua localização, ou seja, as áreas adjacentes ao ponto 1 são compostas por áreas de agricultura e pecuária, intercaladas por áreas com floresta; outro fator que influenciou na menor temperatura da água neste ponto é a presença da mata ciliar em praticamente toda a extensão do arroio. Já, nas imediações do ponto 2 o que predomina é o perímetro urbano de São João do Polêsine; além do que, na maior parte da extensão do arroio Alberti, na área de influência do perímetro urbano, a mata ciliar é praticamente inexistente contribuindo desta forma para o aumento da temperatura da água nesta seção do arroio.

Analisando a variação da temperatura, tendo em vista os pontos das coletas, verifica-se que, no P2 a temperatura da água superficial é maior do que no P1, como mencionado anteriormente. Esta diferença pode estar relacionada pelo lançamento de esgoto à montante do

ponto amostral P2, visto que, parte do esgoto urbano da cidade é lançado no arroio Alberti a montante deste ponto, desta forma, aumenta a concentração de material particulado em suspensão na água e contribuindo com a absorção de calor. Também pode ter contribuído para o aumento da temperatura no ponto amostral P2 o fato, de que, parte do arroio Alberti estar canalizada quando passa pelo perímetro urbano, o concreto influenciou, mesmo que sensivelmente no aumento da temperatura da água neste setor do arroio.

Já a falta ou a presença da mata ciliar também influencia na temperatura da água superficial em corpos d'água. Constatou-se a presença da mata ciliar principalmente nas nascentes deste manancial, ponto amostral P1, o que pode ter influenciado na diminuição da temperatura da água superficial pela presença de sombra das copas das árvores existente nas margens.

Também se observa e no gráfico que a maior diferença da temperatura da água entre os pontos se dá a partir da segunda quinzena de outubro até a primeira quinzena de abril, justamente no período mais quente, ou seja, na primavera e o verão. 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.

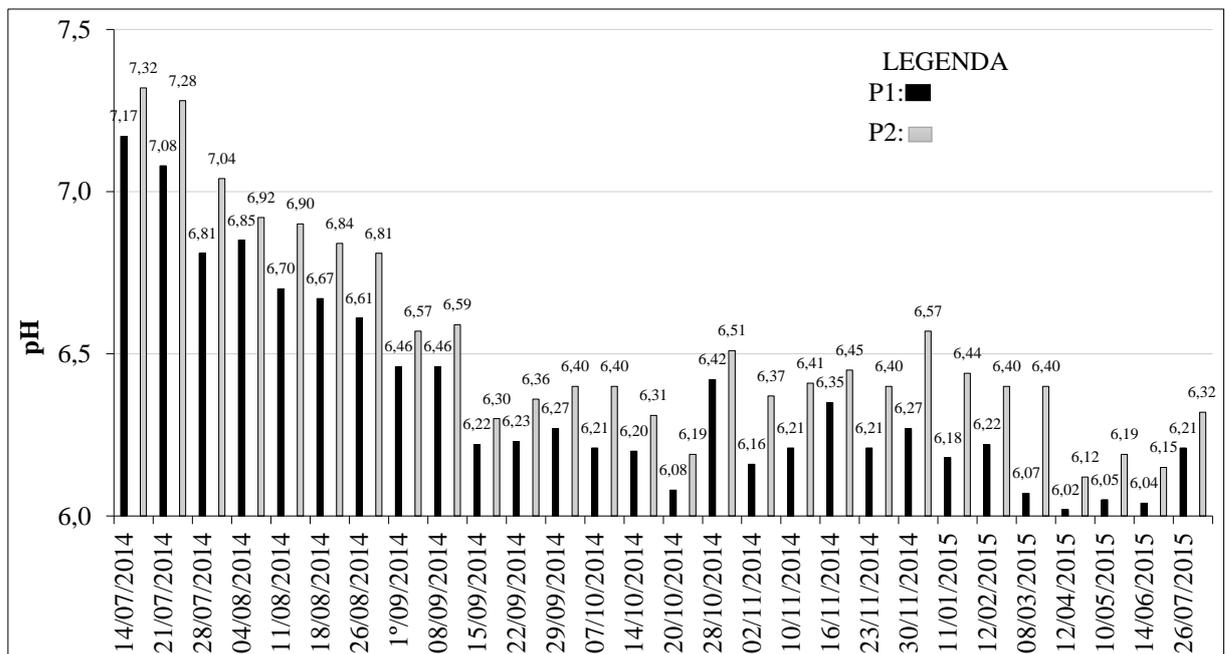
5.4 Potencial hidrogeniônico

O pH é uma medida da atividade do íon hidrogênio numa amostra de água, retratando o equilíbrio ácido-base obtido pelos vários compostos dissolvidos, sais e gases. 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.

Valores elevados ou baixos do pH influenciam significativamente na composição de várias substâncias, assim como, a disponibilidade de muitas substâncias nutrientes varia com a concentração de íon hidrogênio, como exemplo, a água com pH baixo (ácida) possui baixa produtividade por ser deficiente em nutrientes e quando o contrário acontece, os valores elevados de pH tendem a ser letal para peixes e a toda vida aquática. A faixa de pH permissível depende de uma série de outros fatores tais como temperatura, oxigênio dissolvido, aclimatação e o conteúdo de vários cátions e ânions.

Na Figura 8 são apresentados os valores de pH das águas do arroio analisado neste estudo. Nas amostras retiradas para este trabalho os valores encontrados variaram entre 6,02 a 7,32 atendendo aos limites na resolução CONAMA n° 357/2005 que admite variação entre 6,0 a 9,0 para todas as classes de águas doces.

Figura 8 – Variação do potencial hidrogeniônico durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti



Podemos observar no gráfico que a temperatura pode ter influenciado nos valores de pH da água do arroio Alberti. De modo geral os valores de pH acima de 6,50 são observados nos meses mais frios, exceto nas coletas efetuadas em junho e julho de 2015, mas mostram uma tendência de aumento nos valores do pH para estes meses; isso demonstra que a medida que nos aproximamos dos períodos mais quentes os valores de pH diminuem, o que indica um aumento da acidez da água e possível comprometimento à vida aquática. Também podemos observar que os valores do pH no P2, ponto amostral localizado depois do perímetro urbano, são sempre maiores que no P1, ponto amostral localizado a montante do perímetro urbano, talvez influenciado pelo despejo de esgoto urbano no arroio alterando significativamente os valores desta variável.

Também podemos considerar que as alterações nos dados desta variável refletem as condições dos sistemas terrestres a cada seção do arroio. As alterações mais significativas são justamente no ponto alocado junto ao sítio urbano, ou seja, na seção do arroio que recebe carga poluidora, neste caso, esgoto urbano que é lançado *in natura* no arroio. Podemos observar estas alterações no gráfico, onde todos os valores do pH são maiores no ponto amostral (P2) localizado a jusante do perímetro urbano.

5.5 Condutividade elétrica

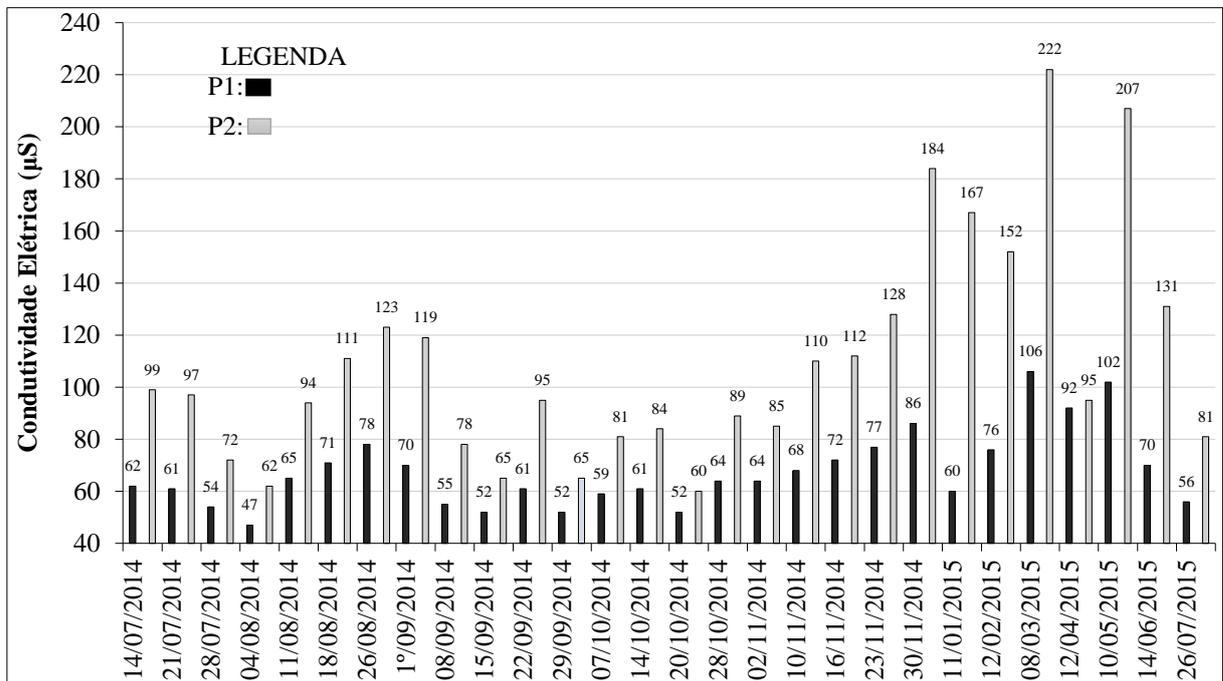
A condutividade elétrica é a capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica; depende da concentração de sais dissolvidos e da temperatura. Ela é importante para o metabolismo dos mananciais, para a determinação de fontes poluidoras, bem como, na indicação de nutrientes nos ecossistemas aquáticos. Os altos valores de condutividade elétrica podem estar relacionados a atividade antrópica junto ao ponto de coleta, ou seja, transferência de materiais entre o sistema terrestre e o aquático, neste caso o lançamento de esgoto *in natura* no arroio.

Neste trabalho os valores encontrados variaram entre 47 a 222 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como podemos observar na Figura 9. 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, de mineração e pelo lançamento do esgoto urbano, por exemplo. A resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece limites para a condutividade elétrica, os quais devem estar relacionados.

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, ou seja, maior volume de água no sistema faz com que os íons sejam diluídos.

Os valores da condutividade elétrica no ponto amostral localizado depois do perímetro urbano (P2), são mais elevados do que os valores encontrados no ponto amostral alocado a montante do perímetro urbano (P1) em todas as coletas das amostras de água, esse fato se deve ao despejo, no arroio Alberti, do esgoto urbano sem tratamento, deste modo alterando significativamente os dados da condutividade elétrica.

Figura 9 – Variação da condutividade elétrica durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti



Também podemos notar no gráfico que, com o resfriamento da água do arroio nos meses de inverno, verifica-se a diminuição dos valores da condutividade elétrica, e, valores mais altos desta variável nos meses mais quente.

5.6 Total de sólidos em suspensão

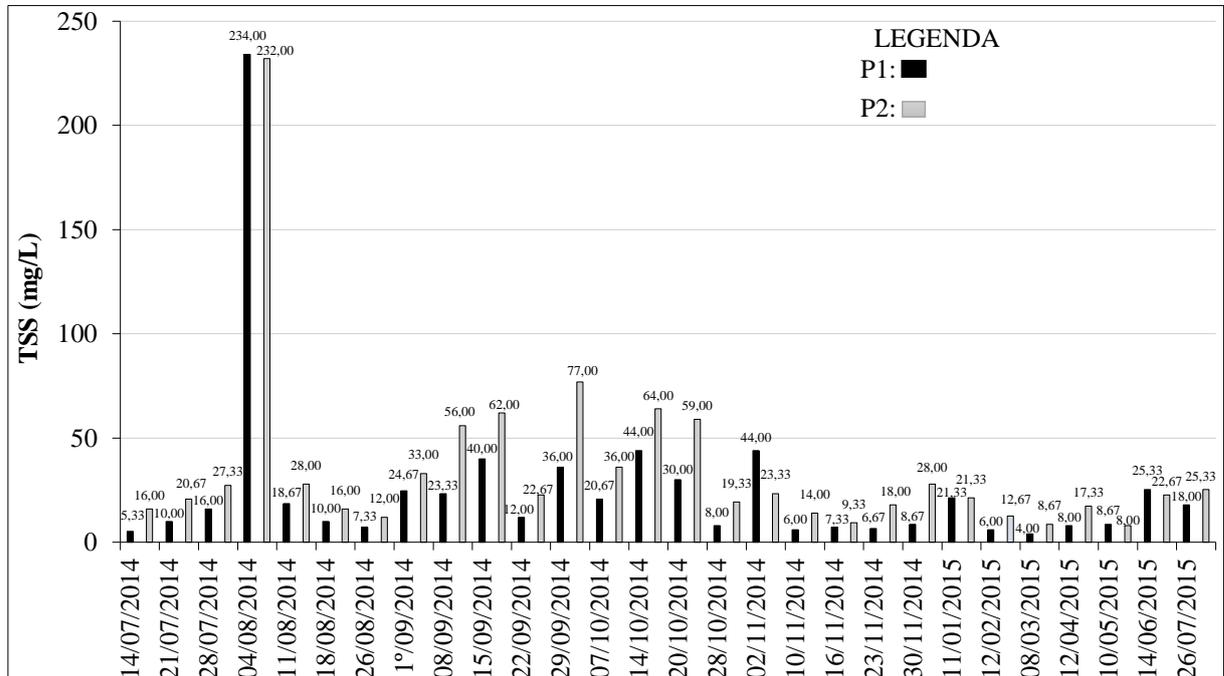
Sólidos em suspensão é todo material presente na água que pode ser retido em um filtro específico após aplicação de metodologia para a sua determinação. A Figura 10 mostra a variação na quantidade de sedimentos presente nas amostras coletadas.

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 tipo de 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 Figura 4(b) da página 40. O maior valor de TSS foi registrado no dia 04/08/2014, em ambos os pontos, neste caso, as chuvas ocorridas anteriormente ao campo influenciaram para que o TSS se elevasse desta forma. Isso ocorreu devido a combinação de dois fatores; ocorrência de solo exposto, o que facilitou o transporte de sedimentos para o arroio e a proximidade da ocorrência das precipitações pluviométricas ao trabalho de campo.

Também notamos que nos meses de setembro e outubro ocorreu aumento nos valores do TSS. Nestes meses ocorreram chuvas abundantes e bem distribuídas, a exceção fica entre os dias 16 a 23 de setembro, como podemos verificar na Figura 4(c), que não choveu, e, entre os dias 21 a 29 de outubro (Figura 4(d) que também não choveu. A medida que as chuvas diminuam de intensidade também diminuí os valores do TSS.

Figura 10 – Variação do total de sólidos em suspensão durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti



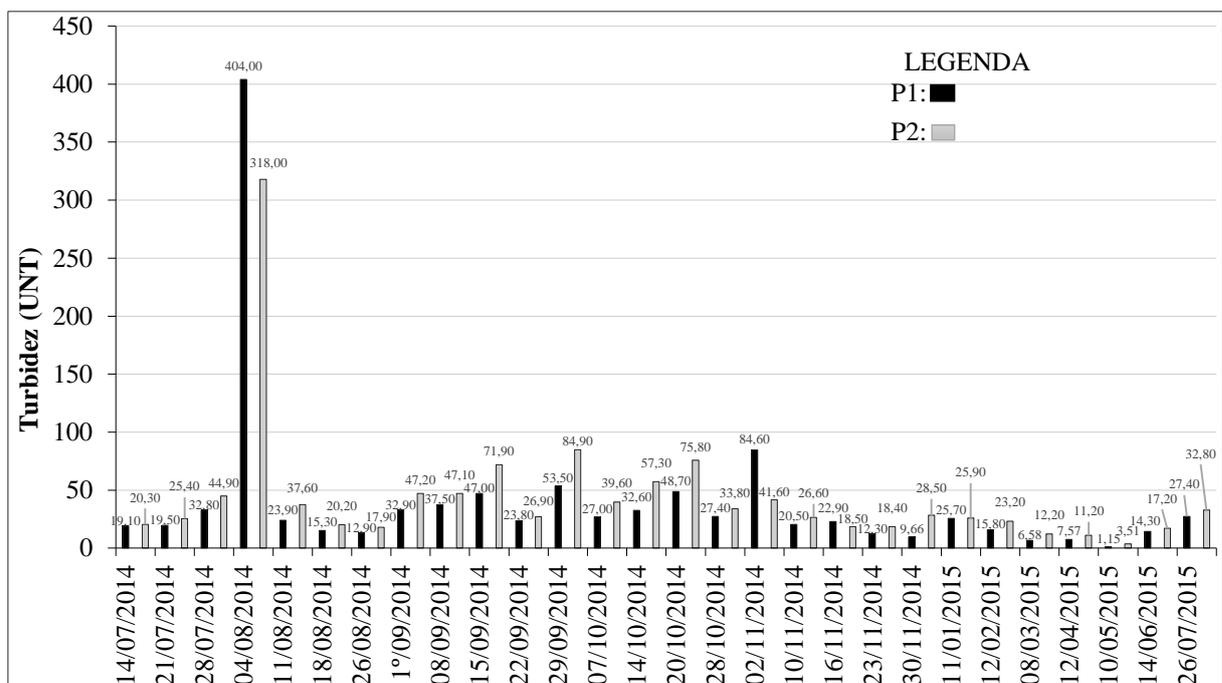
Podemos notar que a maioria dos valores do TSS são mais altos no P2 (representado em cinza claro no gráfico) do que no ponto P1 (representado em preto). Neste caso, o lançamento de esgoto urbano a montante deste ponto pode ter influenciado para que isso ocorresse. O

contrário aconteceu nos campos realizados nos dias 04/08/2014, 02/11/2014, 10/05/2015 e 14/06/2015, nesta situação possivelmente o solo exposto na área adjacente ao ponto influenciou para o TSS mais elevado no P1, mesmo esta, uma área predominantemente rural.

5.7 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. Esta variável diminui a penetração da luz para as camadas mais profundas da água diminuindo a atividade biológica. Podemos observar na Figura 11 que houve mudança significativa na turbidez das amostras coletadas no arroio Alberti. A variação foi de 1,15 a 404,00 UNT (Unidades Nefelométrica de Turbidez), essa grande diferença deve-se em função do aporte de material particulado e dissolvido transportado pela chuva para o leito do arroio.

Figura 11 – Variação da turbidez durante os trabalhos de campo na microbacia hidrográfica do arroio Alberti



Como aconteceu com o TSS, o gráfico que representa a turbidez apresenta a mesma configuração, ou seja, assim como as chuvas alteram os valores do TSS também modificam os dados da turbidez. Visto que, nos períodos de maior ocorrência de chuvas possibilita o aumento da turbidez em função do carreamento de material particulado pela água da chuva para os corpos d'água.

Observa-se que os valores da turbidez no ponto amostral localizado depois do perímetro urbano (P2), são maiores do que os valores encontrados no ponto amostral alocado a montante do perímetro urbano (P1), possivelmente neste caso o despejo de esgoto urbano no arroio alterou os dados da turbidez. Entretanto, as amostras dos campos dos dias 04/08/2014, 02/11/2014 e 16/11/2014 ocorreu o contrário, ou seja, no P1 o valor da turbidez foi maior que no P2, neste caso a combinação de chuvas ocorridas anterior a coleta e presença de solo exposto contribuiu para que a turbidez fosse mais alta nesse ponto amostral.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia usada permitiu avaliar que os dados obtidos para todos os parâmetros limnológicos estudados, respondem aos resultados da ação de fatores locais atuando sobre tais características na área de estudos como um todo. As formas de ocupação das áreas adjacentes ao arroio influenciaram nas características da água.

As variáveis limnológicas analisadas refletem as condições dos sistemas terrestres a cada seção do arroio. Observou-se que a alteração mais significativa foi justamente naquele ponto (sítios-controle) alocado junto ao sítio urbano, seção do arroio que recebe carga poluidora, neste caso, esgoto urbano que é lançado *in natura* neste corpo d'água.

O objetivo geral deste trabalho foi atingido, pois se observou que existe uma relação entre as áreas rurais e urbanas nas variáveis limnológicas, especialmente entre a CE e o pH, estas variáveis limnológicas foram influenciadas pelo lançamento de esgoto urbano. Já o TSS e a turbidez foram influenciados pela precipitação pluviométrica incidente no solo exposto.

Com relação aos dados limnológicos constatou-se mudanças relevantes nestes parâmetros durante o período de coleta.

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, naturalmente isso acontece, entretanto, outros fatores podem interferir no aumento da temperatura, especialmente da água de mananciais. Cursos d'água em áreas naturais mais preservadas e com a presença de mata ciliar certamente contribui para temperaturas mais baixas da água nesses locais. Haja visto que, em todos os campos, a temperatura da água no P2, ponto amostral localizado depois do perímetro urbano, foi mais alta do que no P1, ponto amostral situado em áreas rural, nesta situação as intervenções antrópicas influenciaram para que isto ocorresse.

O potencial hidrogeniônico é um parâmetro importante em estudos sobre o meio ambiente, pois legislações fixam critérios baseados neste parâmetro. Tomando por base os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, o pH como parâmetro de qualidade da água, este, encontra-se dentro do limite estabelecido pela referida resolução. Entretanto, apresenta grande amplitude para uma microbacia, significando que as intervenções antrópicas afetam a qualidade da água, principalmente na seção junto ao perímetro urbano, mais especificamente no ponto amostral localizado a jusante do perímetro urbano de São João do

Polêsine, talvez influenciado pelo despejo de esgoto urbano no arroio alterando significativamente os valores desta variável.

Nesta pesquisa a condutividade elétrica oscilou entre 47 a 222 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em absolutamente todas as mostras de água coletadas, os valores da CE no ponto amostral localizado depois do perímetro urbano (P2), são mais elevados do que os valores encontrados nas amostras do (P1), ponto amostral alocado a montante do perímetro urbano. Fato este, explicado pelo despejo, no arroio Alberti, do esgoto urbano sem tratamento da cidade de São João do Polêsine, alterando significativamente os dados desta variável. Outros fatores também podem contribuir para a mudança em seus valores, como por exemplo a localização do ponto de coleta, o solo, bem como, o tipo de atividade agrícola predominante na região, neste caso, o cultivo de arroz irrigado.

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 nos meses de setembro e outubro devido a combinação de dois fatores, chuvas abundantes neste período e o início do período do preparo das lavouras para o plantio, o que facilitou o transporte deste material para o leito do arroio em função das chuvas. A medida que as chuvas diminuam de intensidade também diminui os valores desta variável.

A turbidez pode ser resultante de compostos dissolvidos ou partículas suspensas na água. A variação nos dados desta variável também foi significativa, essa grande amplitude deve-se em função da entrada de material particulado e dissolvido transportado pela chuva para o leito do arroio.

Como aconteceu com os sólidos em suspensão, o gráfico que representa a turbidez apresenta a mesma configuração, ou seja, assim como as chuvas alteram os valores do TSS também modificam os dados da turbidez. Visto que, nos períodos de maior ocorrência de chuvas possibilita o aumento da turbidez em função do transporte de material particulado pela água da chuva para os corpos d'água.

Recomenda-se é o planejamento adequado para o manejo do solo, de acordo com sua aptidão, obedecendo, desta forma, à declividade das vertentes e à qualidade deste solo, sem esquecer da cobertura florestal nas margens dos cursos d'água, junto às áreas onde há um intenso uso agrícola.

Com relação ao esgoto urbano recomenda-se que o mesmo seja tratado antes do lançamento nos arroios. Para tanto serão necessários estudos técnicos e financeiros executados por profissionais habilitados que viabilizem este projeto. Estas pequenas medidas contribuiriam em muito para minimização dos impactos ambientais negativos.

REFERÊNCIAS

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

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://mar.teid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.18.48/doc/2447.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2016

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 p. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O Meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS/ABRH, 2002. cap. 22, p. 849-875. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4)

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília, ANA, SPR, 2005. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Resolução CONAMA nº 357/2005**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

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.

BRITTO, F. P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Regionalização Sazonal e Mensal da Precipitação Pluvial Máxima no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia** v. 3 ago. 2008. Disponível em: <

<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/revistaabelima/article/view/25425>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

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 dez. de 2015.

CERETTA, M. C. **Avaliação dos aspectos da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena**: município de Santa Maria - RS. 2004. 132 p. 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 abr. 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CONCEIÇÃO, F. T. da; BONOTTO, D. M. Parâmetros hidrológicos e estatísticos para estimativa de vazão nos rios da bacia do rio Corumbataí (SP). **Geociências**, v. 21, n. 1-2, p. 147-157, 2002.

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

DSG - DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. Porto Alegre: **Faxinal do Soturno (MI-2966/1)**. Porto Alegre, 1980. (Carta Topográfica: Escala 1:50.000).

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 jan. 2015.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia: manejo biotécnico de cursos de água**. Porto Alegre: EST Edições, 2005.

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

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.; BARBIERI, R. A radiação solar e seus efeitos em ecossistemas aquáticos continentais. In: ESTEVES, F. de A. (Coord.). **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. cap. 9, p. 137-166.

ESTEVEES, F. de A.; SANTOS, A. M. dos. Propriedades físicas e químicas da água e sua importância limnológica. In: ESTEVEES, F. de A. (Coord.). **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. cap. 8, p. 125-136.

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

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

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 mai. 2015.

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

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

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. 2015.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

IENSEN, R. E. **Deterioração ambiental nos municípios da quarta colônia de imigração do Rio Grande do Sul, Brasil, em primeira (I) aproximação**. 64f. Dissertação (Mestrado em Geomática)—Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 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)**. 197f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

MANTELLI, L. R. **Sensoriamento remoto como ferramenta para gestão de recursos hídricos**: modelagem espaço-temporal dos riscos ecológicos em baías hidrográficas. 2012. 78 p. Tese (Doutorado em Ecologia)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MILLIPORE. **Glass Fiber Filters**. Disponível em: <<http://www.millipore.com>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

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 p. Tese (Doutorado em Geografia)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

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.

ROSA, G. M. da; PETRY, M. T.; CARLESSO, R. Disponibilidade, eficiência e racionalidade na utilização de recursos hídricos. **Ciência & Ambiente**, v. 1, n. 21, p. 103-118, jul./dez. 2000.

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.

_____. O que é um rio. **Ciência & Ambiente**, v. 1, n. 21, p. 57-68, 2000.

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

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. 2015.

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 p. Tese (Doutorado em Geografia)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SUTILI, F. J. D.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Potencial biotécnico do sarandi-branco (*Phyllanthus sellowianus* müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de cursos de água. In: **Ciência Florestal**. vol. 14, n.1, p. 13-20, abr. 2004.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS/ABRH, 2002. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4)

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.; 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 p. 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).