

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

**INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NO
ECOSSISTEMA AQUÁTICO DA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, EM SANTA
MARIA - RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Janete Teresinha Reis

Santa Maria, RS, Brasil

2006

**INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NO
ECOSSISTEMA AQUÁTICO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA
DO ARROIO CADENA, EM SANTA MARIA - RS**

Por

Janete Teresinha Reis

Dissertação, apresentado ao Curso de Mestrado do Programa da Pós-Graduação em Geomática da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geomática.**

Orientador: Prof. Waterloo Pereira Filho

Santa Maria, RS, Brasil

2006

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

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

**INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NO ECOSISTEMA
AQUÁTICO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA,
EM SANTA MARIA - RS**

elaborada por
Janete Teresinha Reis

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA:

**Waterloo Pereira Filho, Dr. (UFSM)
(Orientador)**

Pedro Roberto de Azambuja Madruga, Dr. (UFSM)

José Luiz Silvério da Silva, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 22 de Fevereiro de 2006.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo carinho, compreensão e entender que esta é uma etapa de dedicação e definição importante na minha caminhada.

Ao meu irmão Jair, pelo apoio, carinho e incentivo.

Ao Professor Waterloo Pereira Filho, pelas horas concedidas a orientação. A Você Professor meu Muito Obrigado!!

As Co-orientadoras Vera Maria Favila Miorin e Eliane Foletto pelas sugestões na concretização do trabalho final.

Ao meu marido, Antonio Marcos G. de Medeiros por estar presente na minha caminhada !! A Você amor meu muito obrigado, pelo auxílio nos trabalhos de campo e acima de tudo pelo carinho, incentivo e compreensão.

Aos meus amigos, colegas do Programa de Pós-Graduação, bem como aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geomática, especialmente das disciplinas realizadas, os meus agradecimentos.

Aos amigos moradores da CEU III, Simone, Jocelaine, Valdemar, Marcell, e Carlos Konrad.

A amiga Isabel Camponogara pela amizade, compreensão e pelas horas de auxílio na elaboração dos mapas temáticos, muito obrigado Isabel !!

Enfim, Obrigado a todos que de uma ou outra forma contribuíram na concretização da mesma !!!!!!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE QUADROS	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
RESUMO.....	12
ABSTRCT.....	13
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	14
1.1. Apresentação da Proposta de Trabalho	14
1.2. Localização da Área de Estudo	17
1.3. Caracterização e Estudos na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena	18
CAPITULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1Influência do Uso da Terra no Ecossistema Aquático: Importância, Planejamento e Impacto Ambiental.....	20
2.1.1 A influência do Uso da Terra no Ecossistema Aquático	20
2.1.2 Bacia Hidrográfica Como Unidade de Estudo, Gestão e Planejamento	23
2.1.3 Importância e Qualidade do Recurso Água.....	26
2.1.4 O processo de Eutrofização	28
2.1.5 Caracterização Física-Química e Bacteriológica da Água.....	29
2.1.5.1 Parâmetros bacteriológicos – número mais provável de coliformes fecais e número mais provável de coliformes totais	31
2.1.5.2 Condutividade elétrica	32
2.1.5.3 Temperatura	33
2.1.5.4 Potencial hidrogeniônico (pH)	33
2.1.5.5 Total de Sólidos em Suspensão (orgânicos, inorgânicos e totais)	34
2.1.6 Áreas de Preservação Ambiental	35
2.1.7 Legislação dos Recursos Hídricos	36
2.1.8 Geotecnologias Utilizadas no Levantamento do Uso da Terra.....	38
CAPITULO 3 - METODOLOGIA.....	44
3.1 Materiais e Metodologia	44
3.1.1 Materiais.....	44
3.1.2 Metodologia do Sistema Aquático	45
3.1.2.1Análise do pH, condutividade elétrica, temperatura da água e do ar e total de sólidos dissolvidos.....	47
3.1.2.2 Análise do total de sólidos em suspensão.....	47

3.1.2.3 Análise dos parâmetros bacteriológicos	48
3.1.3 Metodologia do Sistema Terrestre	50
3.1.3.1 O Uso da Terra.....	50
3.1.3.2 Preservação Permanente.....	51
3.1.3.3 Uso e Ocupação da Terra X Áreas de Preservação Permanente e a Espacialização da Área de Captação dos Oito Pontos de Coleta de água	52
CAPITULO 4 – ANÁLISE DO USO DA TERRA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA-RS.....	54
4.1 Ambiente Terrestre: O Uso da Terra na Sub-bacia Hidrográfica em Estudo	54
4.1.1 Áreas de Preservação Permanente	57
4.1.2 Áreas de Conflito.....	59
4.2 Análise Espacial do Uso da Terra nos Pontos de Coleta	63
4.2.1 O uso da terra nos pontos de coleta	63
CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DO ECOSSISTEMA AQUÁTICO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA - RS	68
5.1 Ambiente aquático.....	68
5.1.1 Variáveis, indicadoras de qualidade física: primeira coleta	68
5.1.2 Variáveis, indicadoras de qualidade química: primeira coleta	74
5.1.3 Variáveis, indicadoras de qualidade bacteriológica: primeira coleta	75
5.1.4 Variáveis, indicadoras de qualidade física: segunda coleta	78
5.1.5 Variáveis, indicadoras de qualidade química: segunda coleta	84
5.1.6 Variáveis, indicadoras de qualidade bacteriológica: segunda coleta.....	85
CAPITULO 6 – ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO AMBIENTE TERRESTRE NO ECOSSISTEMA AQUÁTICO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA - RS.....	87
6.1 Ponto Amostral 1	87
6.2 Ponto Amostral 2.....	90
6.3 Ponto Amostral 3.....	92
6.4 Ponto Amostral 4.....	93
6.5 Ponto Amostral 5.....	93
6.6 Ponto Amostral 6.....	94
6.7 Ponto Amostral 7.....	95
6.8 Ponto Amostral 8.....	96
CAPITULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
CAPITULO 8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	106

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Mapa de localização da sub-Bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria, RS	17
FIGURA 2 - Etapas metodológicas de desenvolvimento do trabalho.....	46
FIGURA 3 - Momento da coleta de água para análise bacteriológica, procedimento de aquisição sem contato com o ar.....	49
FIGURA 4 - Localização dos pontos da coleta de água na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria, RS	53
FIGURA 5 - Presença de campo com pecuária na Sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena.....	55
FIGURA 6 - Mapa de uso da terra da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena.....	56
FIGURA 7 - Mapa da área de preservação permanente da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena	58
FIGURA 8 - Mapa de conflito pelo uso da terra.....	60
FIGURA 9 - Área em conflito apresentando-se frágil e crítica quanto a conservação do ecossistema aquático e terrestre.....	61
FIGURA 10 - Poluição do ecossistema aquático por resíduos sólidos.....	62
FIGURA 11 - Mapa de uso da terra indicando a espacialização dos pontos de coleta de água	64
FIGURA 12 - Faixa de variação da condutividade elétrica da água ($\mu\text{s/cm}$).....	69
FIGURA 13 - Faixa de variação da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$).....	70
FIGURA 14 - Faixa de variação da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).....	71
FIGURA 15 - Faixa de variação na concentração do total de sólidos dissolvidos (mg/L).....	72
FIGURA 16 - Faixa de variação do total de sólidos em suspensão (mg/L).....	73
FIGURA 17 - Faixa de variação de coliformes totais (NMP/100ml).....	76
FIGURA 18 - Faixa de variação da concentração de coliformes fecais (NMP/100ml)	77
FIGURA 19 - Faixa de variação da condutividade elétrica ($\mu\text{s/cm}$).....	79
FIGURA 20 - Ponto amostral 4 na Chácara das Flores ao norte da área urbana de Santa Maria-RS	80
FIGURA 21 - Faixa de variação da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$)	81
FIGURA 22 - Ponto amostral 1 na rua Silva Jardim área urbana de Santa Maria, RS	81
FIGURA 23 - Faixa de variação da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).....	82

FIGURA 24 - Faixa de variação da concentração do total de sólidos dissolvidos (mg/L).....	83
FIGURA 25 - Faixa de variação da concentração do total de sólidos em suspensão (mg/L).....	84
FIGURA 26 - Faixa de variação do pH da água.....	84
FIGURA 27 - Faixa de variação de coliformes totais (NMP/100ml).....	85
FIGURA 28 - Faixa de variação dos coliformes fecais (NMP/100ml).....	86
FIGURA 29 - Panorama das oito bacias de captação do ambiente aquático e terrestre da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena	88
FIGURA 30 - Lançamento de esgoto de forma <i>in natura</i> entre os pontos 6 e 7 na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena entre o ponto 6 e 7	89

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Tipos de usos da terra encontrados na sub-bacia hidrográficas do arroio Cadena.....	54
TABELA 2 - Classes de conflito do uso da terra na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena.....	59
TABELA 3 - Pontos de coleta com maior respaldo ao uso e ocupação de área urbanizada.....	65
TABELA 4 - Pontos de coleta com maior respaldo ao uso e ocupação de campo....	66
TABELA 5 - Pontos de coleta com maior respaldo ao uso e ocupação de floresta..	67
TABELA 6 - As formas de uso e ocupação da terra com maior relevância	67
TABELA 7 - O Percentual de usos da terra em cada ponto de captação.....	90

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Resultado das coletas de água do ecossistema aquático da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria -RS.....	74
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SIG: Sistema de Informações Geográficas	
pH: Potencial Hidrogeniônico	
NMP: Número Mais Provável	
CE: Condutividade Elétrica.....	
CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente.....	
RIMA: Relatório de Impacto Ambiental	
ANA: Agência Nacional das Águas	
CAD: Computer Aided Drafting	
SGBD ou DBMS: Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados	
SPRING: Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas.....	
INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.....	
TSS: Total de Sólidos em Suspensão.....	
TSD: Total de Sólidos Dissolvidos	
DSG: Diretoria do Serviço Geográfico.....	
CETESB: Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental	
PI: Peso Inicial.....	
PF: Peso Final.....	
APP: Áreas de Preservação Permanente	
BC1: Bacia de Captação Um.....	
BC2: Bacia de Captação Dois	
BC3: Bacia de Captação Três	
BC4: Bacia de Captação Quatro	
BC5: Bacia de Captação Cinco	
BC6: Bacia de Captação Seis	
BC7: Bacia de Captação Sete.....	
BC8: Bacia de Captação Oito.....	

RESUMO

Dissertação em Nível de Mestrado
Curso de Pós – Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria

INFLUÊNCIA DAS FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NO ECOSSISTEMA ÁQUÁTICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA EM SANTA MARIA - RS

Autora: Janete Teresinha Reis

Orientador: Prof. Dr. Waterloo Pereira Filho

Data e local da defesa: Santa Maria, 22 de Fevereiro de 2006.

O estudo teve como objetivo relacionar as formas de uso da terra com o ecossistema aquático da Sub-Bacia hidrográfica do Arroio Cadena, identificando os pontos críticos quanto às condições ambientais. A proposta metodológica, realizada em etapas, possibilitou analisar o sistema aquático e o sistema terrestre, assim como a influência deste sobre aquele, sendo que as formas do uso da terra influenciaram no sistema aquático, alterando as características originais da água. O ponto 1 localizado na porção montante caracterizou-se pelo elevado índice de área urbanizada e ausência de florestas rompendo o equilíbrio natural do ecossistema aquático. As circunstâncias apresentadas pelas variáveis limnológicas e bacteriológicas analisadas permitem inferir que este ponto apresenta o maior índice de contaminação. Assim como, o ponto 3 localizado nas proximidades da rua Sete de Setembro e o ponto 5 localizado próximo a Avenida Borges de Medeiros que também apresentam elevado teor de contaminação. Em contrapartida, o ponto 4 localizado na Chácara das Flores se destaca pelo índice de floresta na sua área de influência, acima de 60% e o menor índice de contaminação da água. As análises realizadas demonstraram pequena alteração, porém pode ser classificada dentro dos padrões originais. De maneira geral, o ecossistema aquático do arroio Cadena está comprometido, em virtude das formas inadequadas de usos da terra. Desta forma, identificou-se os pontos 1, 3 e 5 como os mais críticos, cuja água apresentou alterações significativas quanto às propriedades físicas, químicas e bacteriológicas, apresentando alta contaminação. No entanto, a sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena clama pela recuperação do ecossistema, que deve partir do princípio da forma de uso e ocupação da terra.

Palavras-Chave: Ecossistema aquático, uso da terra, bacia hidrográfica.

ABSTRACT

Dissertation in Level of Master's degree
Program of Master's Degree in Geomatics
Universidade Federal de Santa Maria

INFLUENCE OF THE LAND USE AND OCCUPATION FORMS IN THE AQUATIC ECOSYSTEM OF THE CADENA'S STREAM CATCHMENT IN SANTA MARIA – RIO GRANDE DO SUL STATE

Author: Janete Teresinha Reis

Advisor: Pro. Dr. Waterloo Pereira Filho

Date and Place of the Defense: Santa Maria, February 22nd of 2006.

The study had as objective relates the forms of the land uses with the aquatic ecosystem of the Cadena's stream catchment, identifying its critical points about the environmental conditions. The methodological proposal, accomplished in stages, it made possible to analyze the aquatic and terrestrial systems, as well as its influence on that, and the forms of the land uses influenced in the aquatic system, altering the original characteristics of the water. The point 1 located in the portion amount was characterized by the high index of urbanized area and absence of forests, breaking the natural balance of the aquatic ecosystem. The circumstances presented by the analyzed limnological and bacteriological variables allow inferring that this point presents the largest index of contamination. As well as, the point 3 located in the proximities on Sete de Setembro Street and the point 5 located close to Borges de Medeiros Avenue that also present high tenor of contamination. In compensation, the point 4 located in the Chácara das Flores, it stands out for the forest index in its influence area, above 60% and the smallest index of the water contamination. The accomplished analyses demonstrated small alteration; however it can be classified inside of the original patterns. In a general way, the aquatic ecosystem of the Cadena's stream is committed, because of the inadequate forms of the land uses. This way, it was identified the points 1, 3 and 5 like the most critics, whose water presented significant alterations as to the physical, chemistries and bacteriological properties, presenting high contamination. However, the Cadena's stream catchment shouts for its ecosystem recovering, which must leave from the beginning in the land use form and occupation.

Key-words: Aquatic ecosystem, land use, hydrographic basin.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação da Proposta de Trabalho

A preocupação relacionada a influência das formas de uso da terra no nível trófico do ecossistema aquático remete ao estudo minucioso sobre a interação da energia entre os dois sistemas. Nos últimos anos, estudos relacionados a demanda e qualidade das águas com base em bacias hidrográficas tornaram-se as mais indicadas para estudos de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Este fato, em grande parte responde a necessidade e o desequilíbrio que os mananciais de água sofreram através do uso inadequado do sistema terrestre.

Para Pereira Filho, 2000 o homem pode expor as condições de uso da terra de tal forma que as vertentes ficam sujeitas a ação abrasiva da água. A remoção da cobertura vegetal estabelece o rompimento com o equilíbrio do ecossistema terrestre ao qual se encontra influenciando no ecossistema aquático.

Para realizar um estudo de planejamento, a bacia hidrográfica é a mais indicada, Tundisi (2003, p.107) expõe que “a bacia hidrográfica tem certas características essenciais que a torna uma unidade bem caracterizada e permite a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental, permitindo a aplicação adequada de tecnologias avançadas (...)”.

O geoprocessamento possibilita grande agilidade na obtenção de informações, e qualificação dos dados alvos de estudo, tratando-se mais especificamente neste caso do levantamento do uso da terra. De acordo com Mendes e Cirilo (2001) a importância do geoprocessamento no planejamento dos recursos hídricos, se dá em virtude, da necessidade de se manipular propriedades hidrológicas que apresentam grande variabilidade espacial e temporal, destacando aí sua vantagem.

O SIG caracteriza-se como uma ferramenta auxiliar na realização de planejamentos em benefício da recuperação de bacias hidrográficas, Campos e Studart (2003) defendem, que este é um sistema computacional de ajuda à aquisição, armazenamento, análise e apresentação de dados geográficos. Sendo

que estes dados podem ser naturais (rios, lagos, relevo, vegetação) ou antrópicos (reservatórios, estradas, cidades). Além disso, acrescenta que a adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão, apesar da dificuldade inicial inerente à delimitação dos espaços físicos de planejamento, tem mostrado **resultados positivos**, devido à possibilidade de divisão de bacias maiores em sub e micro-bacias hidrográficas.

Tundisi, afirma também, (2003, p. 52) que “a biota aquática tem importância fundamental no funcionamento dos ecossistemas continentais uma vez que exercem papel relevante na manutenção dos ciclos biogeoquímicos, na constante reprodução de biomassa viável que interage permanentemente com os vários componentes do sistema”. E acrescenta que a “água é muito mais do que um recurso natural, ela é uma parte integral do nosso planeta, pois é uma parte da dinâmica funcional da natureza”. Além de acrescentar que a complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem aumentou e produziu enorme conjunto de degradação e poluição comprometendo a qualidade da água dos leitos fluviais.

Os fatores naturais que influem na qualidade da água são os físicos, químicos e biológicos. Os fatores físicos estão relacionados à temperatura, cor e penetração de luz ou mesmo a transparência (quantidade de partículas suspensas). Nos químicos inclui-se a dureza (a presença de cátions, de cálcio e magnésio, acidez) e a quantidade de oxigênio. Os biológicos estão relacionados ao número e ao tipo de organismos vivos presentes na água (Borges, 2001). Porém, para o consumo humano a água não deve conter microorganismos patogênicos (Resolução 357/2005).

O uso do solo urbano reflete a relação sociedade e natureza, influenciado pela estrutura social complexa. Santos (1996) fala das categorias de análise do espaço urbano, *forma, estrutura, processo e função* que devem ser considerados entre si. Caracterizam quatro termos disjuntivos associados, representando realidades espaciais, considerando as relações dialéticas entre elas.

A forma como o homem se apropria e transforma a natureza responde em grande parte, aos problemas ambientais existentes, cujas origens são determinadas pelas próprias relações de produção social. A interferência contínua do homem alterando o curso histórico da natureza é responsável pela maioria dos problemas que surgem em decorrência da ocupação de áreas consideradas de preservação, como é o caso da mata ciliar no entorno de um curso de água.

O homem como agente modificador do ambiente pode provocar vários danos ao solo, a cobertura vegetal e mesmo, acelerar o processo de degradação dos recursos naturais, alterando a qualidade de vida de um ambiente. Pode-se resgatar as palavras de Guerra & Cunha (1998) quando mencionam que “os estudos edafológicos ambientais ou levantamentos de solos são ferramentas vitais para o planejamento, ordenamento e/ou reordenamento e ocupação de áreas”.

A urbanização vai delineando espaços, ganhando um novo conteúdo, uma nova dinâmica, em função do processo da modernização. De maneira geral, as cidades ocupam características de uma urbanização corporativa uma interdependência de categorias espaciais, o tamanho urbano, modelo rodoviário, carência de infra-estrutura, especulação imobiliária, etc, cada qual sustenta os demais. No entanto, a organização interna da cidade revela um problema estrutural que em análise sistêmica permite verificar que todos os fatores mutuamente se interligam perpetuando a problemática (Santos, 1996, p.95).

O espaço tanto urbano como rural refletem na sua ocupação e conservação as condições socioeconômicas e ambientais da população. Neste contexto conservar ambientes aquáticos, refletem positivamente no conjunto organizacional do nível trófico do ecossistema, proporcionando melhoria ao gerenciamento dos recursos hídricos.

Tendo como preocupação a conservação dos recursos hídricos no município de Santa Maria, o presente estudo relaciona as formas de uso da terra, com o ecossistema aquático da Sub - Bacia hidrográfica do Arroio Cadena. Sendo assim, tem como objetivo principal: - Avaliar a influência das formas de uso da terra no ecossistema aquático da Sub-Bacia hidrográfica do Arroio Cadena, apontando as Áreas críticas quanto às condições ambientais. Mais especificamente: - Analisar as condições do ecossistema aquático, da Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena; - Avaliar as relações das formas de uso da terra e sua influência em variáveis limnológicas do Arroio e; Identificar e espacializar as áreas mais críticas de impacto do ecossistema aquático.

1.2 Localização da Área de Estudo

A Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena localiza-se na porção central do Rio Grande do Sul, mais precisamente no município de Santa Maria, pertencente a Microrregião Geográfica de Santa Maria (Figura 1), entre as coordenadas geográficas de “Latitude Sul 29° 38’ 53” e 29° 45’ 55” e longitude Oeste 53° 46’ 44” e 53° 51’ 44”.

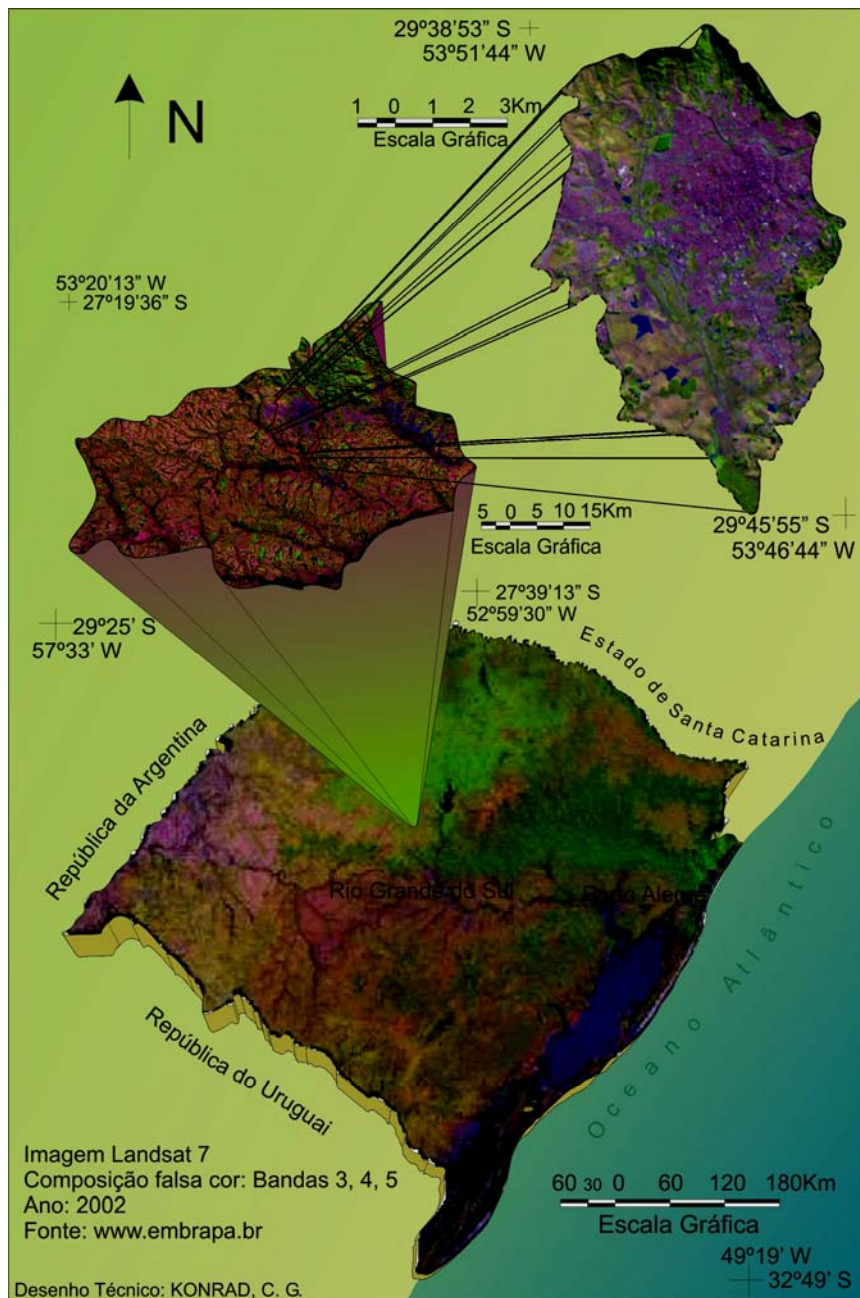


Figura 1 - Mapa de localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS.

Org: REIS, Janete Teresinha.

1.3 Caracterização e Estudos na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena

O Arroio Cadena é caracterizado como um dos cursos de água mais importantes em Santa Maria. Pois, banha maior parte da área urbanizada, sendo grande parte deste curso ocupado por moradias, apresentando transformações ambientais significativas sobre a Sub-Bacia. Cabe destacar a transformação sofrida pela retificação do canal principal descaracterizando seu curso original (Oliveira 2004).

Os solos que são encontrados nesta área são arenosos e argilosos, susceptíveis a ação erosiva. Prova deste fato, são alguns depósitos que aparecem no leito fluvial, cujo material é arenoso mal selecionado, de cor amarelada, juntamente com acúmulo de lixo e matéria orgânica. Segundo estudos realizados, do ponto de vista geológico é considerado um leito fluvial frágil porque apresenta Depósitos Fluviais de Várzea, sedimentos aluviais recentes, (não consolidados e saturados de água), (Maciel Filho, 1990).

A área apresenta características geomorfológicas, peculiares e quanto as províncias geológico-geomorfológicas, destaca-se: o planalto, ao norte da cidade, formado por rochas vulcânicas, consideradas as áreas de maior altitude; o Rebordo do planalto formado por rochas vulcânicas e sedimentares com desníveis acentuados; a Depressão Periférica de origem sedimentar de colinas levemente onduladas e; as planícies e terraços fluviais encontrados na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena que ocupam as menores cotas altimétricas (Oliveira, 2004).

A Sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena é constituída na sua maioria por formações sedimentares da Depressão Periférica composta por arenitos grosseiros que formam o arenito basal de Santa Maria, os arenitos siltitos-argilosos da formação Santa Maria, e os arenitos finos e médios da Formação Caturrita (Oliveira, 2004). Acrescenta, também, que a bacia do Arroio Cadena é composta por 15 microbacias hidrográficas das quais 11 se localizam na zona urbana e as outras 4 em áreas propriamente rurais, sendo três em território do Exército Nacional.

A área total da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena é de 6.420,62 ha e a área total das bacias de captação, referindo-se a área de influência do ponto de coleta 1 até o ponto 8 compreende 6.052,27ha.

Um dos estudos mais relevantes encontrados sobre a Sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena foi o de Oliveira (2004), que trás uma abordagem sobre áreas de risco geomorfológico na Sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, partindo do pressuposto de um zoneamento e hierarquização da área. Ressalta que a maior parte das áreas de risco referentes a dinâmica das vertentes refere-se aos processos erosivos, associados a unidade de *ladforms* representados pela colina junto ao rebordo, sendo a dinâmica fluvial a principal causadora de risco na cidade devido as inundações e erosões e solapamento de margens.

Outro trabalho relevante foi aborda por Ito (2004), enfatizando o Geoprocessamento e a educação ambiental no processo de gestão do conflito socioambiental do Arroio Cadena, cujo objetivo consistiu em construir e disponibilizar informações sobre aspectos naturais e construídos, legais e sociais relacionamentos ao conflito socioambiental do arroio cadena, tendo em vista uma discussão sobre as potencialidades de sua utilização em processos de educação e gestão do conflito. Onde concluiu-se que as cartas elaboradas poderão ser de grande utilidade em processos de educação na gestão de conflitos socioambientais.

Berger (2001), também desenvolveu dois trabalhos nesta temática, onde procura setorizar os impactos ambientais no Arroio Cadena, partindo da proposta de análise sobre risco ambiental, através do uso do sensoriamento remoto, e Cristo (2001), estudou os riscos ambientais, direcionando uma discussão sobre inundação.

Cristo (2001), desenvolveu trabalho desta temática, onde estuda os riscos ambientais na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, direcionando a discussão sobre inundação.

Outro trabalho, no mesmo direcionamento foi de Martins (2002) onde estuda as áreas de risco ambiental no Arroio Cadena, apresentando uma proposta de instrumentos de educação ambiental.

O trabalho desenvolvido por Moraes (1997) retrata os diagnósticos quantitativos mínimos de ambiência para o manejo integrado da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena.

Foram desenvolvidos, também, dois trabalhos por Michelon (2003 e 2004). Um sobre o Modelado do relevo e conformação do perfil das vertentes na Sub-bacia do Arroio Cadena e outro que consiste no Modelado do relevo e processos erosivos na sub-bacia do Arroio Cadena.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Influência do Uso da Terra no Ecossistema Aquático: Importância, Planejamento e Impacto Ambiental.

O presente capítulo refere-se às temáticas do “uso da terra e ecossistema aquático” envolvendo, conceitos, Importância, causas, conseqüências, assim como, influência e interação do ecossistema terrestre no aquático. Reflete-se também, sobre a ação antrópica influenciando nos impactos destes ecossistemas e seu confronto na legislação ambiental.

2.1.1 A influência do uso da terra no ecossistema aquático

O tipo de uso da terra que envolve uma sub-bacia influi na conservação e na qualidade do ecossistema, tendo em vista que há troca de energia e nutrientes entre os ambientes terrestre e aquático.

A atividade do homem pode interferir direta ou indiretamente, tanto no ecossistema aquático quanto no terrestre, segundo Pereira Filho (2000, p.11) citando Likens e Bormann (1974) afirmam que “os componentes meteorológicos, geológicos e biológicos são os responsáveis pelo movimento de nutrientes e energia ao longo dos caminhos determinados”.

O ciclo hidrológico é um importante fenômeno comandado pela energia solar e responsável pela movimentação da água no planeta. A infiltração da água depende da presença da cobertura vegetal, do tipo de rocha mãe/formação superficial, da inclinação do terreno e da permeabilidade do solo. Quando a permeabilidade é maior a velocidade do escoamento superficial é menor, conseqüentemente o processo erosivo é menos intenso dificultando o desenvolvimento de vertentes mais acentuadas.

O homem pode acelerar o impacto sobre o ambiente, revertendo-o tanto em positivo como negativo. A construção de uma cidade abrangendo praticamente uma

sub-bacia pode trazer sério impacto negativo, a exemplo da área de estudo. Nela teve-se a devastação das florestas ciliares, calçamentos de ruas, construção de casas, inclusive na beira do arroio, usos confrontados pela legislação. Estas alterações de uso da terra modificaram o processo e aceleraram o escoamento superficial da água que responde na elevação rápida e acentuada dos níveis de água da sub-bacia, desabrigando famílias em dias de chuvas intensas.

O homem é o principal responsável da modificação dos ambientes e sua “atividade determina as condições de uso de vertentes” (Pereira Filho 2000). Além de destacar, Likes e Bormann (1974) que descrevem sobre as ligações entre os ecossistemas, aquático e terrestre, afirmando que “a chave do gerenciamento correto do ecossistema aquático é o gerenciamento correto do ecossistema terrestre ou de bacias hidrográficas” (Pereira Filho, 2000, p.17).

“O conhecimento de uso da terra é um pré-requisito importante no planejamento integral de uma microbacia hidrográfica” (Assad e Sano, 1998). Assim, o estudo do uso da terra e sua influência no ecossistema aquático requer um estudo minucioso e de forma integrada, onde vários usos influenciam no atual comportamento e características da bacia hidrográfica.

O uso inadequado do solo em determinadas bacias hidrográficas, ou mesmo, em sub-bacias hidrográficas pode causar problemas sérios ao meio ambiente como: a aceleração de processos erosivos que podem causar o assoreamento de cursos d’água e de reservatórios; também pode ser a causa de inundações e deslizamentos, que tantos transtornos causam a população atingida por esses acontecimentos.

O ambiente aquático por ser sensível a qualquer interferência que ocorre dentro da bacia hidrográfica trás repercussão e altera o sistema que o abastece. A maioria das atividades antrópicas de uma bacia hidrográfica gera impactos, os quais, não sendo adequados, podem atingir os cursos d’água, alterando as suas propriedades naturais, e assim, provocar efeitos negativos (Kira e Sazanami, 1995) citado por (Prado, 2004).

A partir do momento que o homem passou a utilizar o solo intensamente, visando não somente as suas necessidades pessoais de alimentação, mas também como uma fonte de renda, tem ocasionado conseqüências danosas nas propriedades físicas e químicas do solo, provocando uma quebra do equilíbrio natural entre o solo, as plantas e as águas (superficiais e/ou subterrâneas).

O crescimento da população urbana no Brasil promoveu aumento considerável nas demandas hídricas, associado à expansão urbana, à degradação dos mananciais e a contaminação e poluição (Tundisi, 2003). A rápida taxa de urbanização tem colaborado aos impactos produzidos no ciclo hidrológico, e caracteriza-se como sendo o principal, trazendo efeitos diretos e indiretos. Essa urbanização altera substancialmente a drenagem, traz problemas à saúde humana, além de impactos como enchentes, deslizamentos e desastres provocados pelos desequilíbrios no escoamento das águas.

A manutenção de florestas nos topos de morros, encostas e a utilização de todas as práticas que evitem o escoamento superficial e aumentem a infiltração no solo, constitui-se em estratégia mais adequada para a conservação dos recursos hídricos. As florestas nas margens dos cursos d'água evitam o assoreamento, minimizam os riscos de contaminação e podem contribuir para a manutenção da fauna silvestre. Em contrapartida, sua destruição compromete o ecossistema modificando o equilíbrio hídrico.

Para manter tal posicionamento é preciso uma mudança de hábitos que se deve iniciar nos agroecossistemas e nas comunidades, tanto rurais como urbanas priorizando a manutenção dos recursos hídricos. A reprodução do grupo social é limitada aos valores econômicos do sistema capitalista em que vive, na qual o homem é agente direto e responsável pela cultura destrutiva da natureza.

A preservação de áreas, cujos sistemas naturais, com alta biodiversidade e espécies endêmicas são fundamentais para a recuperação de ecossistemas e para o conhecimento mais profundo de processos de interação entre os componentes abióticos e bióticos de sistema. Atualmente, buscam-se alternativas para restabelecer o equilíbrio ambiental, ou pelo menos amenizar os conflitos e desequilíbrios. Neste entendimento, segue-se Tundisi (2000), onde colocam que a recuperação de rios, lagos, represas e áreas alagadas demanda um conjunto de ações integradas que envolvem a bacia hidrográfica, o ecossistema aquático e seus componentes, físicos, químicos e biológicos.

2.1.2 Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo, Gestão e Planejamento

No início da década de 80 a bacia hidrográfica já era defendida como unidade adequada de gestão, visando o desenvolvimento sustentável. Schramm (1980) citado por De Paula (2002) afirma que a bacia hidrográfica é um sistema integrado, de natureza holística, onde a totalidade é maior que a soma de suas partes. Hoje a bacia hidrográfica está sendo aceita de forma geral como unidade mais apropriada para a gestão de recursos hídricos superficiais e que o manejo integrado é fundamental para assegurar que estes recursos sejam utilizados de forma sustentável.

Na definição de Rocha (1997), bacia hidrográfica é uma área que drena as águas de chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente convergindo para uma única saída e deságüe diretamente no mar ou em um grande lago. Tucci (2001), descreve que a bacia hidrográfica é como um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perda intermediária os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente. Verifica-se, no entanto, que a bacia pode ser considerada um “sistema aberto” onde há entrada e saída de energia uma vez que a água se inter-relaciona com outros recursos naturais presentes, como solo, vegetação, litologia, estrutura das rochas, etc. não podendo ser separada do meio ambiente e qualquer mudança nela introduzida poderá afetar sua quantidade e qualidade.

Rocha (2001, p.10), afirma que o conceito de “Sub-Bacia Hidrográfica é o mesmo de Bacia Hidrográfica, porém acrescido do enfoque de que o deságüe se dá diretamente em outro rio. As Sub-Bacias Hidrográficas têm dimensões superficiais que variam entre 20.000 ha e 300.000 ha”. Porém, cabe enfatizar que estas áreas podem variar de acordo com a região do País e o tipo de cartas topográficas existentes. Na definição de Tundisi (2003, p.124) a bacia Hidrográfica “é uma unidade geofísica bem delimitada, está presente em todo o território, em várias dimensões, apresenta ciclos hidrológicos e de energia relativamente bem caracterizados e integra sistemas a montante, a jusante e as águas subterrâneas e superficiais pelo ciclo hidrológico”.

O planejamento é essencial na ocupação da bacia hidrográfica, tendo em vista os crescentes usos de água, com o aumento da população nos centros urbanos. A

tendência atual envolve o desenvolvimento sustentado da bacia hidrográfica, que implica no aproveitamento racional dos recursos, com o mínimo dano ao ambiente. Dentro desta perspectiva, Tucci (2001), lembra que “a ação do homem, no planejamento e desenvolvimento da ocupação do espaço Terra, requer cada vez mais uma visão ampla sobre as necessidades da população, os recursos terrestres e aquáticos disponíveis, e o conhecimento sobre o comportamento dos processos naturais na bacia hidrográfica, para racionalmente compatibilizar necessidades crescentes com recursos limitados”.

O efetivo gerenciamento dos recursos hídricos implica a constante avaliação da quantidade e qualidade da água simultaneamente, a fim de que se conheça adequadamente o estado dos recursos hídricos, seu potencial e os possíveis problemas agregados de contaminação e poluição. Além de monitorar e, dar indicações seguras sobre o que conservar e qual o custo dessa conservação (Tundisi, 2003). Na avaliação de Campos e Studart (2003, p. 127) a necessidade de gerenciamento dos recursos hídricos, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, se deve a crescente demanda e a multiplicidade do uso, que tem provocado, crises de escassez, conflitos de interesse, competição institucional, perturbações sociais, obstáculos ao crescimento econômico e a preservação ambiental.

Quanto ao cenário internacional a tendência é o gerenciamento integrado de bacias hidrográficas considerando as relações terra-água, principalmente, ao considerar as fontes difusas de poluição, relacionadas à agricultura. Ao considerar o planejamento regional integrado de recursos hídricos deve-se adotar como unidade territorial de planejamento a bacia hidrográfica na qual o curso d'água se insere. A utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, possibilita a interrelação dos fatores (econômicos, políticos, sociais e culturais) constantes na área da bacia. O conjunto das informações possibilita conhecer o sistema, dando suporte ao embasamento de uma proposta e da tomada de decisões (Prado, 2004).

O consenso, a nível nacional, de adotar a bacia hidrográfica, como unidade de gerenciamento dos recursos hídricos, responde como fator positivo, pois se constitui como todo indivisível, independente das fronteiras político-administrativas, nas quais todos os recursos naturais (solo, cobertura vegetal, organismos vivos, ar e água) e atividades econômicas são levados em consideração como um sistema, interagindo em conjunto (Campos e Studart, 2003).

Segundo (Grigg 1998, in Victorrino 2002) citado por De Paula (2002, p. 38) entendem que a noção de planejamento e gestão de recursos hídricos por bacia hidrográfica vai além do desenvolvimento dos recursos hídricos. A questão central, no que concerne aos desafios da sustentabilidade, refere-se a problemas sócio-político-institucionais de articulação de interesses e não especificamente do desenvolvimento ou subdesenvolvimento de tecnologias de saneamento ambiental e substituição de fontes.

O fator da falta de integração entre os diversos usuários e o processo de construção e legitimação política dos mecanismos institucionais de articulação e negociação social constitui-se nos maiores desafios contemporâneos. Partindo deste pressuposto, um plano de gerenciamento das águas de uma bacia hidrográfica deve resultar no manejo adequado, não só dos recursos hídricos, mas de todos os seus recursos naturais, de modo que seja proporcionado desenvolvimento social e econômico da área, garantindo a sua utilização, tanto para os dias atuais quanto para o futuro, sem degradar seus recursos. Assim, este plano de gerenciamento da bacia deve, conter diretrizes visando à proteção dos seus recursos naturais, as quais deve integrar o Plano de conservação ambiental da Bacia Hidrográfica (Campos e Studart, 2003).

Segundo Victorino (2002) destacado por De Paula (2002), para avançar sobre o problema da falta de integração entre usos e usuários das águas é necessário partir da premissa de que a água tem uma característica muito específica no contexto social, diferentemente de outros recursos naturais. Levando em consideração as várias dimensões essenciais da água (constituente biológico dos seres humanos; meio de vida para espécies vegetais e animais; elemento representativo de valores sociais e culturais e fator de produção de bens de consumo), esta se torna eixo central das relações sociais dentro de uma bacia hidrográfica quando ocorre a poluição e a escassez, potencializando conflitos sociais que, de outro modo já estão inerentes à sociedade de classes. Diante esta constatação, para a autora o sistema de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos passará a ser concebido em escala de bacia hidrográfica e dentro de uma perspectiva múltipla.

2.1.3 Importância e Qualidade do Recurso Água

A preocupação relacionada ao recurso água está cada vez mais presente na sociedade, porém, nas últimas décadas os conceitos sobre demanda, qualidade das águas e, gestão de bacias hidrográficas, incorporaram-se e tornaram-se alvos essenciais nos estudos. A atenção, a estes temas se deve, além da preocupação, as carências e deficiências quanto a preservação dos ecossistemas aquáticos.

A crise da água é uma ameaça permanente à humanidade e à sobrevivência da biosfera como um todo. Esta crise tem grande importância e interesse geral: além de colocar em perigo a sobrevivência do componente biológico, incluindo o *Homo sapiens*, ela impõe dificuldades ao desenvolvimento, aumenta a tendência a doenças de veiculação hídrica, produz estresses econômicos e sociais e aumenta as dificuldades entre regiões e países. “Um dos principais desafios para o século XXI será garantir o suprimento adequado de água para as regiões metropolitanas e urbanas” segundo (Tundisi, 2003, p.95). Pois, a água é um recurso valioso indispensável, e, portanto, deve-se ter o máximo de cuidado com sua preservação.

Com o aumento da população passou-se a exigir uma maior demanda de água potável para o consumo, assim tem-se o conhecimento que a história da água no planeta é complexa e está diretamente relacionada ao crescimento da população humana, ao grau de urbanização e aos usos múltiplos que afetam a quantidade e a qualidade deste recurso.

Tundisi (2003, p.1) afirma que “a história da água seus usos e contaminantes, também têm veiculação hídrica, organismos que se desenvolvem na água ou que têm parte de seu ciclo de vida em vetores que crescem em sistemas aquáticos, uma vez que os usos da água geram conflitos em razão de sua multiplicidade e finalidades diversas, as quais demandam quantidades e qualidades diferentes”. Este fato demonstra que a água utilizada para o consumo dos animais não necessariamente exige os mesmos critérios de qualidade da destinada para o consumo humano, pois cada qual exige um grau de qualidade. Assim, as características de uma determinada água, podem ser de boa qualidade para determinados usos, e, portanto, para outros não, ou seja, ela é designada de “boa qualidade” dependendo do uso a que se destina.

Os fatores que influenciam na deterioração da qualidade da água são diversos, os quais podem ser classificados em fontes pontuais e difusas. As fontes pontuais

são caracterizadas, principalmente, pelos efluentes domésticos e industriais, já as difusas são caracterizadas pelos resíduos provindos da agricultura (fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, entre outros), podendo ser citados ainda o escoamento superficial urbano e dos pátios de indústrias.

A qualidade da água, geralmente é avaliada, tendo em vista a medição das características físico-químico-biológicas, entre as quais pode-se citar: Total de sedimentos dissolvidos, Total de sedimentos em suspensão, Concentração de Oxigênio Dissolvido, de substâncias químicas, de coliformes; Demanda biológica de oxigênio; o pH; a temperatura, os sais, etc. A variação desses fatores ocorre, dentre outras causas em função das condições climáticas, da vazão, do volume, da declividade, da velocidade de escoamento, da atividade biológica presente e dos usos da água (Prado, 2004)

O aumento da diversificação e o uso múltiplo da água resultaram em uma multiplicidade de impactos, de diversas magnitudes, que exigem, evidentemente, diferentes tipos de avaliação qualitativa e quantitativa e monitoramento adequado e de longo prazo. Um mesmo rio, lago ou represa pode ser objeto de variados usos ao longo do seu trajeto ou de suas praias e diferentes regiões (Tundisi, 2003, p.32).

A prioridade de uso das fontes de água deve ser a utilização principalmente no abastecimento doméstico, que é o uso mais nobre da água, a qual é essencial para a manutenção da vida humana e usada para suprir o corpo humano, assim como necessidades como limpeza de utensílios e habitação, higiene pessoal, cozimento de alimentos, combate a incêndios, limpeza de ruas e também para irrigação e dessedentação de animais, recreação e lazer, abastecimento industrial e composição paisagística (Rocha, 2001).

Atualmente as sociedades humanas poluem e degradam o recurso água, tanto superficial quanto subterrânea, embora dependem dela para sua sobrevivência e desenvolvimento econômico. A deterioração dos mananciais e de suprimento de água é resultado do constante aumento no volume de água utilizado para diversas finalidades e do aumento da população e da contaminação hídrica. Todavia, esses impactos, do ponto de vista qualitativo e quantitativo, têm custos econômicos elevados na recuperação dos mananciais e fontes de abastecimento de lagos, e represas. Assim, um dos agravantes da deterioração dos recursos hídricos é a repercussão na saúde humana e no aumento da mortalidade infantil e das internações hospitalares.

Tem-se a necessidade de prevenção, pois a água subterrânea e superficial, está sendo exposta a impactos cumulativos de forma progressiva, com isso, ocorre o aumento dos danos ao funcionamento dos ecossistemas, ao balanço hídrico e à disponibilidade de recursos hídricos para a espécie humana e outras espécies de animais e plantas. Como ressalta (Rocha, 2001), que estamos vivendo um momento de contínuo crescimento populacional, de ocupação desordenada dos solos, ausência de mecanismos de conservação do solo, criação de animais em lugares inadequados e a não utilização de tecnologias limpas pelas indústrias, que lançam efluentes sem nenhum tratamento, além da utilização de agrotóxicos sem orientação técnica, acidentes (derramamentos de óleo), lixos e esgotos tratados inadequadamente ou sem tratamento algum. Estes descuidos aos poucos aumentam a pressão sobre os recursos hídricos, com progressiva redução da qualidade da água.

Há uma constante preocupação com o recurso água, necessita-se de vários cuidados, preservar o ambiente, pois no uso indevido colabora-se para a deterioração da água, que em casos extremos pode provocar a eutrofização.

2.1.4 O Processo de Eutrofização

O processo de eutrofização dos ecossistemas aquáticos continentais, das águas costeiras marinhas e das águas subterrâneas é resultado do enriquecimento com nutrientes, principalmente fósforos e nitrogênio, que são despejados de forma dissolvida ou particulada em lagos, represas e rios transformados em partículas orgânicas, matéria viva vegetal, pelo metabolismo das plantas. Este processo é caracterizado por natural quando há descarga normal de nitrogênio e fósforo nos sistemas aquáticos, porém, Tundisi (2003) chama atenção a eutrofização “cultural” que “é proveniente dos despejos de esgotos domésticos e industriais e da descarga de fertilizantes aplicados na agricultura”.

A eutrofização provoca a deterioração dos ecossistemas aquáticos, produzindo impactos ecológicos, econômicos, sociais e na saúde pública. Para diminuir este impacto, implica fazer-se grandes gastos em recuperação de rios, lagos, e represas, e seu controle depende de ações que se iniciam nas bacias hidrográficas e nas fontes pontuais e não somente pontuais de descarga de fósforo

e nitrogênio. Pois, tem-se uma série de conseqüências para o ecossistema em decorrência da eutrofização, entre os quais, a diminuição do Oxigênio, aumento dos sólidos em suspensão, dos sólidos dissolvidos e turbidez da água, reduzindo, desta forma, as potencialidades de sobrevivência da fauna e da flora. Esta ocorrência provoca alteração do teor de oxigênio, matéria orgânica, pH, temperatura (Tundisi, 2003).

Para tanto, o comprometimento da bacia hidrográfica reflete em todos os elementos que constituem o ecossistema. No entanto, o ecossistema deteriorado implica em sérios danos ao meio ambiente, por ser “constituído por qualquer unidade que inclui a totalidade dos organismos em uma determinada área interagindo com o meio ambiente físico, de modo que um fluxo de energia promove a permuta de materiais entre os componentes vivos e abióticos” (Odum, 1971, p.36 *apud* Alberti, 2004). Christofolletti (1999, p. 35) define ecossistema como sendo a “área relativamente homogênea de organismos interagindo com seu ambiente, onde a comunidade dos seres vivos é que constitui o componente principal, que se interliga com os elementos abióticos do habitat”, e ressaltar que “sem a presença dos seres vivos não há a existência de ecossistema”. Assim, a bacia hidrográfica pode ser caracterizada como um ecossistema, ou mesmo contendo vários ecossistemas.

2.1.5 Caracterização Física-Química e Bacteriológica da Água

A caracterização físico-química de uma determinada água, principalmente aquela destinada ao consumo humano, não pode ser considerada como único parâmetro para testar a qualidade da mesma, sendo que às condições sanitárias da água também devem ser levadas em conta (Mota, 1997). Uma das grandes ameaças à sobrevivência da humanidade nos próximos séculos, para Tundisi (2000), é a contaminação química das águas, pois muitos rios apresentam-se com indícios de contaminação, em virtude do lançamento de produtos químicos oriundos das indústrias.

Segundo Branco *apud* Souza (2001), as propriedades sanitárias e ecológicas da água, para o abastecimento humano, devem ser objeto de preocupação, mais que as qualidades estéticas (aparência física: cor, turbidez, odor e sabor), embora

estas também tenham muita importância e constituam os principais parâmetros normalmente empregados na avaliação da qualidade da água.

Deve-se ressaltar que, água pura não existe, sendo melhor designada por água de qualidade segura e água potável. Por segura, entende-se a água de livre consumo, sem ameaça à saúde dos consumidores e, por potável, àquela satisfatória para fins de ingestão, nas suas características físicas, químicas e biológicas.

Os recursos hídricos poluídos por descargas de resíduos humanos e de animais, transportam grande variedade de patógenos, entre eles bactérias, vírus, protozoários ou organismos multicelulares, que podem causar doenças gastrointestinais, entre outros (Tundisi, 2003).

A água que chega para o consumo da população deve ser de boa qualidade. Para que isso ocorra não basta controlar a água apenas nas estações de tratamento e nos sistemas de distribuição, devemos cuidar dela desde as nascentes dos rios, em todo o seu curso e também nos reservatórios (Souza, 2001).

Para tanto, Barbieri (2000), acrescenta que o objetivo geral é assegurar uma oferta adequada de boa qualidade para toda a população do planeta, preservando, ao mesmo tempo, as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas com a água.

As características que descrevem as propriedades de um dado ecossistema aquático são conhecidas por propriedades limnológicas ou variáveis limnológicas. Estas, como o próprio nome evidencia, são propriedades que variam no tempo e no espaço, quer num dado sistema aquático, quer entre sistemas diferentes (Novo e Braga, 1995 citado por Prado, 2004). Portanto, diversos fatores estão envolvidos na determinação do nível de trofia de um dado sistema aquático, além de que os parâmetros limnológicos se inter-relacionam de várias maneiras, tornando os estudos de qualidade de água bastante complexos.

Para se avaliar o estado trófico de uma bacia hidrográfica existem índices, que consideram apenas os principais parâmetros limnológicos, tendo a finalidade de facilitar a interpretação da situação de degradação destes corpos hídricos. Partindo deste princípio, considera-se essencial a definição das variáveis que serão analisadas, para atingir o objeto proposto. Assim, este estudo analisou 09 parâmetros limnológicos, sendo os mesmos descritos resumidamente a seguir:

2.1.5.1 Parâmetros Bacteriológicos - Número Mais Provável de Coliformes Fecais e Número Mais Provável de Coliformes Totais

A determinação da concentração de coliformes em um determinado corpo de água torna-se muito importante para que se avalie a possibilidade de existência de microorganismos patogênicos transmissores de doença. Assim, para determinar se a água está em condições de ser ingerida, deve-se realizar a análise bacteriológica.

Nos indicadores de qualidade biológica destaca-se o grupo de coliformes que são indicadores da presença de microrganismos patogênicos na água. Pois, os Coliformes totais constituem um grande grupo de bactérias encontradas na água, no solo, e em fezes humanas e de outros animais de sangue quente. Todavia, os coliformes fecais integram um grupo de bactérias originárias do trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente. A *Escherichia Coli* inclui-se entre os coliformes fecais, sendo um dos mais importantes indicadores (Mota, 1997).

De acordo com Mota (1997), os coliformes fecais foram escolhidos como indicadores da qualidade bacteriológica da água, por várias razões: por existirem em grande quantidade nas fezes, sua presença na água indica que a mesma recebeu dejetos; sua sobrevivência na água é, de um modo geral, comparável à dos microrganismos patogênicos, não havendo coliformes não deve haver microrganismos patogênicos e; são de determinação relativamente fácil em laboratório. Assim, uma água com coliformes fecais é suspeita de conter microrganismos causadores de doenças, uma vez que a água é um dos principais veículos de transmissão de doenças, a partir de dejetos lançados na mesma. Um corpo de água que recebeu esgotos com dejetos humanos pode constituir-se num veículo de transmissão de várias doenças, este fato é evidenciado na Sub-Bacia Hidrográfica em estudo, uma vez que o esgoto é lançado diretamente no Arroio Cadena.

Pelo CONAMA, resolução nº 20/86, os parâmetros limites da água de coliformes fecais indicam a ausência em 100 ml de amostra. Para atender estes critérios compreende a classe de coliformes totais a classe 1 com 1000 (NMP/100ml) e classe 8 de 20.000 (NMP/100ml) e coliformes fecais a classe 1 corresponde a 200 (NMP/100ml) e classe 8 em 4.000 (NMP/ml) (Mota, 1997). No entanto a água que contém coliformes fecais deve ter recebido dejetos e, portanto conter microrganismos patogênicos resultando em prejuízo à saúde da população. Além

disso, está contaminada podendo conter microrganismos patogênicos ou substâncias químicas ou radioativas, causadores de doenças e podem até causar a morte do homem. Por isso, os padrões de qualidade da água para o consumo humano, exigem a ausência total de coliformes fecais nas amostras de água destinada ao abastecimento da população, o que será investigado a campo.

2.1.5.2 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica pode ser entendida como à capacidade do meio em conduzir eletricidade. Esta capacidade de conduzir eletricidade no meio aquático é dependente, para valores médios de pH, da composição iônica. Os íons diretamente responsáveis pela condutividade elétrica são denominados macronutrientes, como exemplos podem ser citados, o cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato, cloreto. A temperatura e o pH também modificam o valor da condutividade elétrica, uma vez que a atividade iônica aumenta cerca de 2% para cada grau centígrado. Neste sentido, em limnologia a temperatura de 25°C, foi adotada como padrão para realizar a leitura de condutividade elétrica, ou mesmo, o uso de um fator de correção. Assim, para valores de pH extremos, menores do que 5 e maiores do que 9, poucos íons interferem na condutividade, entre eles, H⁺ e OH⁻ (Esteves, 1988 *apud* Prado, 2004).

A condutividade indica a capacidade que a água possui de conduzir eletricidade, a qual está diretamente relacionada com a quantidade de elementos dissolvidos. Esta variável é caracterizada por sua grande importância na observação do metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Esta é uma variável importante a ser analisada por estar relacionada ao metabolismo do sistema aquático. Sendo que a variação diária fornece informações sobre processos importantes nos ecossistemas aquáticos, como a produção primária e a decomposição. Uma vez que a mesma está associada à composição iônica da água, ela pode ajudar na identificação de fontes poluidoras e pode identificar diferenças geoquímicas entre afluentes (Esteves, 1998).

2.1.5.3 Temperatura

Esteves (1998), ao se referir aos corpos d'água, observa que devido à forte absorção da radiação no primeiro metro de profundidade, deveria ocorrer abaixo desta camada uma queda brusca de temperatura. Porém, este fenômeno não ocorre, principalmente em virtude de que o vento, ao promover a turbulência da água, produz a redistribuição do calor por toda a massa d'água.

Nos ecossistemas aquáticos continentais, a quase totalidade da propagação do calor ocorre por transporte de massa d'água, sendo a eficiência deste, função da presença ou ausência de camadas de diferentes densidades. É bastante comum, em reservatórios, ocorrer estratificação térmica (Prado, 2004).

Esteves (1998) coloca que a estratificação térmica consiste na diferença de temperaturas que geram camadas d'água com densidades diferentes, as quais formam uma barreira física, impedindo desta forma, que se misturem. Caso o vento for insuficiente para misturá-las, o calor não se distribui com uniformidade, criando a condição de estabilidade térmica.

A influência da temperatura sobre a comunidade fitoplanctônica na natureza, faz parte do conjunto de influências exercidas pela duração do dia, disponibilidade de luz e estabilidade da massa de água (Calijuri, 1999 citado por Prado, 2004). Além de afirmar que ao interferir nos processos bioquímicos do sistema, a temperatura também se relaciona ao pH, à densidade, à taxa de oxigênio dissolvido, entre outros fatores, sendo então, importante considerá-la nos estudos limnológicos.

2.1.5.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

A basicidade ou a acidez de uma solução é freqüentemente expressa em termos de concentração de íons H que é denominada pH. O mesmo é considerado como uma das variáveis mais importantes, ao mesmo tempo em que é uma das mais difíceis de se interpretar. Ecossistemas aquáticos que apresentam com mais freqüência valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone (Esteves, 1988 *apud* Prado 2004).

Para Calijuri (1999) citado por (Prado, 2004), os três grandes processos que interferem nos valores de pH são a fotossíntese, a respiração e a assimilação de nitrogênio pelo fitoplâncton.

2.1.5.5 Total de Sólidos em Suspensão (orgânicos, inorgânicos e totais)

A concentração de sólidos em suspensão dentro de um curso d'água varia conforme a descarga de água doce por meio da rede de drenagem ou de esgotos domésticos e industriais. Com o aumento da concentração dos sólidos em suspensão há interferência na turbidez da água, e, portanto, na natureza do campo de luz submerso o que afeta intensamente desde a ecologia do sistema aquático até o seu potencial recreacional (Prado, 2004).

O transporte dos sólidos em suspensão depende da velocidade de escoamento e da turbulência da água. Variações dessas propriedades irão determinar os locais preferenciais de deposição das partículas e de assoreamento (Braga, 1995 citado por Prado, 2004). De acordo como o autor cabe ressaltar que a fração inorgânica dos sólidos totais em suspensão é a grande responsável pela turbidez da água e esta atinge o corpo d'água geralmente de forma difusa, pelo escoamento superficial.

Pereira Filho (2000) ressalta a análise dos dados que leva em consideração os *inputs* no ecossistema aquático oriundo do ecossistema terrestre. Pois, devem ser consideradas as diversas relações entre esses dois ambientes. Quando há situações em que a área de captação for maior do que o reservatório, pode ocorrer uma maior concentração de nutrientes, do que em um local, onde a captação for pequena em relação ao tamanho do reservatório.

Bormann et al. (1974) citado por Pereira Filho 2000 comprovaram através do estudo de duas bacias diferenças expressivas, tratando-se de uma desflorestada e outra preservada. A perda de material particulado da área desflorestada foi muito superior da área preservada, obtendo da área desmatada seis vezes mais perdas de material particulado total do que na bacia com preservação de floresta.

Cabe ressaltar que segundo a resolução nº 20/86 do CONAMA, estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, diretos ou indiretamente, nos corpos de água, desde que os materiais sedimentares sejam até 1 ml/litro em teste de 1 hora em Cone Imhoff, bem como em caso de lançamento em

lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, sendo que os materiais sedimentares deverão estar virtualmente ausentes .

2.1.6 Áreas de Preservação Ambiental

As áreas de preservação ambiental são consideradas áreas frágeis e quando sofrem depredação podem se tornar áreas críticas, dependendo do impacto negativo que é submetido ao ambiente.

As Áreas frágeis são aquelas que apresentam características que recomendam a sua preservação ou proteção. Numa bacia hidrográfica são consideradas como áreas frágeis: nascentes de rios, terrenos marginais aos recursos hídricos, incluindo a mata ciliar, áreas de vegetação nativa, morros, montanhas, serras e terrenos com declividade acentuada, áreas de recarga de aquíferos, zona costeira, áreas definidas como Unidade de conservação (Campos, 2003).

As áreas críticas segundo o mesmo autor, são as que apresentam problemas ambientais, resultantes das atividades humanas desenvolvidas na bacia. Como exemplo de áreas críticas, segundo o mesmo autor tem-se: áreas desmatadas, degradadas e em processo de erosão ou desertificação; áreas urbanas onde há problemas de poluição por resíduos sólidos e esgotos domésticos e industriais; áreas de perímetros de irrigação e áreas de mineração.

As áreas frágeis e críticas merecem atenção especial no plano de conservação ambiental. As primeiras, no sentido de serem protegidas através da preservação total ou do controle mais rigoroso de sua ocupação. As críticas, através da proposição de medidas para sua recuperação (Campos e Studart, 2003).

A utilização, nem sempre correta dos recursos hídricos, aliada ao uso inadequado dos recursos naturais tem intensificado os impactos ambientais, tornando assim, algumas áreas, além de insustentáveis, críticas, devido, sua exploração inadequada e intensificada.

No entanto, as áreas frágeis por lei devem ser preservadas, enquanto que as áreas críticas necessitam de recuperação ambiental. Em muitos casos, as áreas frágeis são as que sofrem maior impacto negativo e requerem maiores cuidados na manutenção e preservação dos recursos naturais.

2.1.7 Legislação dos Recursos Hídricos

No que concerne a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 1996), *apud* Dill (2002), uma bacia hidrográfica constitui uma unidade hidrológica natural, ela representa a unidade mais lógica para o planejamento dos recursos hídricos, permitindo que o foco das atenções se concentre nestes recursos, e se tenha uma visão do conjunto dos problemas que o afetam. O conceito de bacia hidrográfica pode ajudar a colocar em perspectiva muitos dos problemas e conflitos ambientais, cuja resolução necessita de uma abordagem integrada, como por exemplo, a poluição da água, os problemas de assoreamento dos rios, a perda da capacidade produtiva dos solos, a poluição orgânica que resulta das atividades humanas, a deterioração da fauna e flora, as erosões, etc.

O impacto ambiental de acordo com a resolução CONAMA 001/86 é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, a qualidade ambiental.

A Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), em seu capítulo VI, Do Meio Ambiente, Art. 225, estabelece que: “Todos tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

A Constituição Federal de 1988 estabelece a prioridade das águas como um bem público, sendo o controle e a fiscalização prioridade da União ou dos Estados. Assim, cabe à União e aos Estados promover a gestão do uso dos recursos hídricos de sua competência.

As primeiras discussões sobre recursos hídricos, internacionalmente, iniciaram em 1977 com a Conferência das Nações Unidas sobre a Água em Mar Del Plata, Argentina. Neste momento, registrou-se, a necessidade de modernizar os sistemas de gestão da água. Entretanto, foi a Conferência de Dublin de 1992, Irlanda, que ficou conhecida como um marco na modernização dos sistemas de gestão de recursos hídricos (lcwe, 1992 citado por Prado 2004).

No âmbito da União foi aprovada a Lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos e mais recentemente, a Lei 9.984/00 criou a Agência Nacional de Águas (ANA), tendo como atribuição implementar os instrumentos da política nacional, cujo objetivo consiste em conservar e recuperar os recursos hídricos degradados, assim como evitar impactos danosos na qualidade desses recursos, adotando, para isso, como unidade geográfica de gestão, a bacia hidrográfica (Legislação de Recursos Hídricos do RS, 2000).

Para Barth (2002) citado por Prado, (2004) com a Política Nacional dos Recursos Hídricos, de fato foi criado um sistema institucional para que a União, os Estados, os Municípios e os usuários dos recursos hídricos se articulem e negociem o gerenciamento de recursos hídricos nas bacias hidrográficas de forma harmônica e integrada. Portanto, no contexto desta negociação deve ser contemplado o aperfeiçoamento da legislação de forma que os procedimentos jurídico-administrativos básicos se harmonizem, em especial em relação à outorga de direitos de uso e respectiva cobrança.

A Constituição Estadual (2000) em seu artigo 171 e Lei 10.350/94 estabelece que o domínio das águas expressa em 4 grandes princípios: que a gestão das águas deve ser através de um Sistema Estadual de Recursos Hídricos (e não através de um órgão específico e centralizado); ter adoção da bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento e intervenção; estabelecimento da outorga e tarifação dos recursos hídricos (cobrança pela retirada e despejo de efluentes); reversão, para a respectiva bacia de arrecadação, da receita, devendo os recursos financeiros ser aplicados na própria gestão das águas da bacia.

Quanto a cobrança da água bruta, Campos e Studart (2003), defendem o princípio de estabelecer a mobilização de recursos financeiros específicos para a água, ou seja, que a água deve pagar a água e que os consumidores - poluidores devem ser os pagadores.

2.1.8 Geotecnologias Utilizadas no Levantamento do Uso da Terra

O mapeamento cartográfico via SIGs compreende o fornecimento de dados para o conhecimento atual da rede de drenagem, formas do relevo, geologia, uso e ocupação, principalmente nos canais inseridos em áreas urbanas, são indispensáveis para análise espacial de uma Bacia Hidrográfica.

O SIG no entendimento de Campos e Studart (2003, p. 99) é “um sistema computacional de ajuda à aquisição, armazenamento, análise e apresentação de dados geográficos. Estes dados geográficos podem ser naturais, (rios, lagos, relevo, vegetação) ou antrópicos (reservatórios, estradas, cidades)”. Assim, acrescenta que o SIG proporciona a manipulação espacial dos dados, além de ser portador de ferramentas de análise ágeis e adaptadas à organização, edição armazenamento, análise, localização e informação, respeitando sua distribuição espacial.

Dangermond (1992) citado por (Prado, 2004) conceitua esses sistemas como um conjunto de *hardware*, *software* e dados geográficos projetados eficientemente para adquirir, armazenar, atualizar, manipular, analisar e visualizar todas as formas de informações geograficamente referenciadas. O SIG faz parte de um grupo maior de tecnologias chamado de geoprocessamento. Para Burrough e McDonnell (1998), o SIG é mais que um simples automatizador de tarefas existentes, ele propicia ambos, um arquivo de dados espaciais na forma original e uma ferramenta para a exploração de interações entre processos e modelos em fenômenos espaciais e temporais.

Após a definição de SIG, é possível indicar suas principais características, onde:

- Integra, numa única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferece mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados (Assad e Sano, 1998, p.7).

De acordo com Assad e Sano (1998) para cada objeto geográfico, um SIG tem a necessidade de armazenar seus atributos e as várias formas de representações gráficas associadas. Isto em função de sua ampla gama de aplicações, onde se encontram incluídos temas como: agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e

redes de concessionárias (água, energia e telefonia). Portanto, encontram-se pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- Como ferramenta para a produção de mapas;
- Como suporte para análise espacial de fenômenos;
- Como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial.

A geração de banco de dados codificados espacialmente possibilita realizar ajustes e cruzamentos simultâneos de grande número de informações. Além de poder acompanhar a variação de temas, obtendo-se novos mapas com rapidez e precisão, a partir, da atualização do banco de dados (Assad e Sano, 1998).

Para que os elementos básicos de um determinado SIG possam ser utilizados de forma eficiente, é de fundamental importância que os profissionais ou responsáveis pelo projeto, implementação e uso do sistema sejam pessoas adequadamente capacitadas e com visão do contexto global (Prado, 2004).

O SIG é muito utilizado e muitas vezes é confundido com o Geoprocessamento. Porém, geoprocessamento “é um conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georeferenciados”, enquanto que um SIG tanto processa dados gráficos como não gráficos, dando ênfase a análises espaciais e modelagens de superfície (Brites, 2003).

Segundo Silva (1988) citado por Souza (2001) geoprocessamento é “o conjunto de procedimentos computacionais que, operam sobre base de dados geocodificados, executa análises, reformulações e sínteses sobre os dados ambientais tornando-os utilizáveis em um sistema de processamento automático”. De acordo com Rodrigues, (1990) citado por Souza (2001) Geoprocessamento e sistema de informações geográficas são o “conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais de desenvolvimento e uso do sistema que as utilizam”.

Neste entendimento, o geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias utilizadas na coleta e no tratamento de informações espaciais para atender um objetivo específico. As atividades concernentes ao geoprocessamento passam a ser executadas por sistemas específicos, que comumente é tratado como SIG.

O geoprocessamento, também pode ser entendido como uma ciência multidisciplinar que recebe contribuição de várias áreas. Entre as tecnologias que

mais contribuem tem-se:

- Cartografia: com técnicas de confecção de mapas;
- Computação Gráfica: através dos *Software*, *Hardware*, técnicas para entrada de dados, exibição, visualização representação em 2D e 3D, manipulação e representação de objetos gráficos, etc;
- O SGBD ou DBMS: por constituir modelos de dados, estrutura de dados, bem como segurança e processos de manipulação de grandes volumes de dados;
- Sensoriamento Remoto: através de técnicas de aquisição e processamento de imagens, facilitando a obtenção de dados constantes na superfície terrestre;
- Inteligência Artificial: a tecnologia que usa o computador para emular a inteligência humana;
- Estatística: através de modelos e métodos de análise dos dados, tanto gráficos como não gráficos;
- Informática: Esta contribui com técnicas de desenvolvimento de sistemas, evolução da tecnologia de *hardware* para suportar grandes cargas de processamentos de dados e a tecnologia de redes de computadores permitindo troca de informações entre equipamentos da forma local ou remota (Brites et al., 2003).

O Spring também é um Sistema de Informação Geográfico, sendo tratado neste trabalho como um banco de dados geográfico, tendo em vista a utilização de ferramentas de um sistema de informação do banco de dados relacionais. Assim, como um sistema de geoprocessamento o SPRIG não é simplesmente um sistema computacional elaborado para realizar mapas, muito embora, possa criar mapas de escalas diferentes, em distintas projeções e cores variadas, mas ele se constitui principalmente, numa ferramenta de análise que auxilia na tomada de decisões.

O Spring é um projeto do INPE que também pode ser definido por ser um SIG no estado-da-arte com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais (INPE, 2005). De acordo com INPE o projeto do Spring visa:

- Construir um sistema de informações geográficas para aplicações em

Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional;

- Tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado;

- Fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais;

- Ser um mecanismo de difusão do conhecimento desenvolvido pelo INPE e seus parceiros, sob forma de novos algoritmos e metodologias.

O produto Spring é um banco de dados geográficos de 2ª geração, sendo que a motivação básica para o seu desenvolvimento baseia-se em duas premissas de acordo com Brites et al. (2003): na integração de dados e a facilidade de uso. Referindo-se ao primeiro constata-se que a complexidade dos problemas ambientais a nível de Brasil requerem uma forte capacidade de integração de dados entre imagens de satélites, mapas temáticos e cadastrais, e modelos numéricos de terreno. Porém muitos dos sistemas disponíveis no mercado nacional apresentam alta complexidade de uso e demandam tempo de aprendizagem por um período longo.

O Sistema Spring tem como objetivos segundo Câmara et al (1993) citado por Brites et al. (2003):

- Promover a integração das tecnologias de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas;

- Utilização de modelo de dados orientado a objetos que melhor refletem na metodologia de trabalhos referentes a estudos ambientais e cadastrais;

- Dispor ao usuário um ambiente interativo para visualizar, manipular, bem como editar, imagens e dados geográficos.

O sensoriamento remoto é um recurso essencial na detecção e no controle de situações desfavoráveis ao meio ambiente, sendo que através de imagens de satélite, é possível fazer um levantamento preciso da situação, ocupação e transformação do meio ambiente, (Assad e Sano, 1998). Assim, a tecnologia do geoprocessamento somar-se às demais inovações, formando um conjunto de procedimentos computacionais que, operam com dados geocodificados ou com bancos de dados geográficos. Além de constituir ferramentas essenciais, na

execução das análises, destacam-se as técnicas de geoprocessamento para a análise ambiental a nível nacional.

Sensoriamento remoto pode ser entendido como a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações. Esta tecnologia vem sendo aplicada em diversas áreas do conhecimento. Isto devido a possibilidade de se obter uma grande quantidade de informações a respeito de uma área ou ecossistema, em tempos diversos, apresentando baixo custo (comparando aos métodos tradicionais de amostragens de dados em campo), assim como uma boa qualidade, permitindo a visualização integrada do ambiente, entre outras vantagens (Novo, 1992 citado por Prado, 2004).

Para extrair informações a partir de dados de sensoriamento remoto, é fundamental o conhecimento do comportamento espectral dos objetos da superfície terrestre e dos fatores que interferem no seu comportamento. Este conhecimento é importante também na definição de novos sensores, na definição do tipo de processamento a que devem ser submetidos os dados, assim como na definição da forma de aquisição dos mesmos (Novo, 1992 citado por Prado, 2004).

Segundo Star e Estes (1990) citado por Prado, 2004, a vantagem em associar as aplicações da tecnologia de sensoriamento remoto às de SIG, consiste em identificar e quantificar as mudanças ocorridas no ambiente.

O sensoriamento remoto proporciona um excelente conjunto de ferramentas para detectar mudanças e, ao mesmo tempo, o SIG é um instrumento eficiente para quantificar os processos de mudanças. No entanto, verifica-se uma tendência mundial de integração das geotecnologias, em trabalhos relacionados ao planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, bem como do meio ambiente em geral.

A espacialização das geoinformações, o mapeamento do uso da terra e seus conflitos são de extrema importância para um melhor gerenciamento e na busca de um impacto ambiental positivo. Neste contexto, as inovações tecnológicas e os avanços científicos surgidos nas áreas da informática, nos sistemas imageadores, nos modelos estatísticos e em todos os equipamentos desenvolvidos a partir da eletrônica, contribuem muito para os estudos ambientais.

O levantamento do uso da terra é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração do ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados das bacias-hidrográficas, lagos e reservatórios são conseqüências do mau uso da terra (Santos *et al.*, 1981). Serling (1998) *apud* Prado, (2004) salienta que a qualidade de uma água é resultante dos inúmeros processos que ocorrem na bacia de drenagem do corpo hídrico e que os organismos aquáticos, em sua atividade metabólica, não só recebem influência do meio, mas podem também provocar alterações físicas e químicas na água (Prado, 2004).

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS E METODOLOGIA

A proposta metodológica seguiu as seguintes etapas: num primeiro momento, analisou-se o elemento aquático; em seguida o levantamento do uso do uso da terra e; a espacialização e identificação das áreas críticas de impacto do ecossistema aquático. Para tanto, selecionou-se os materiais e métodos apropriados para a realização deste trabalho.

3.1.1 Materiais

1 – *Na realização da análise da água para determinar o Total de Sólidos em Suspensão (TSS) utilizou-se:* - filtros em Microfibra de vidro: pré-filtro AP20 em Microfibra de vidro, 45mm de diâmetro, fabricados em Millipore; - recipientes: garrafas plásticas com capacidade de 1 litro para armazenar a água coletada; - Phmetro: utilizar-se-á o “pH Master” para registrar o pH (potencial hidrogeniônico); - Placas de Petri: recipiente de vidro para acondicionar os filtros; - dessecador: Ao qual utilizou-se para armazenar os filtros evitando a umidade ambiente e transporte dos mesmos para a secagem; - estufa: Utilizou-se de esterilização universal (FABRE-PRIMAR), para secar os filtros; - balança: a de precisão “Mettler Toledo AG245” com presição de centécimos de milésimo do grama; - conjunto para filtrar: Um aparelho de filtração da marca Kontes, mais Kitasato; - aparelho eletrônico: “Orion 515”, que registrou a temperatura da água.

2 - *Quanto a realização da análise da água para averiguar os índices de contaminação da água (análise bacteriológica), utilizou-se:* vidraria; recipientes de vidro com borda esmerilhada, esterilizado, para acondicionar amostra de água para a análise bacteriológica de 200ml; recipiente de isopor com gelo.

3 – *Na análise da água para averiguar a variável do pH; utilizou-se do Phmetro. Para a temperatura da água, total de sólidos dissolvidos (TSD) e condutividade elétrica; teve-se o auxílio do Condutivímetro. A temperatura do ar foi medida pelo termômetro. Cabe ressaltar que estas variáveis foram analisadas em campo.*

4 – *No que tange a elaboração dos mapas para o levantamento do uso da terra, utilizou-se: - Carta Topográfica da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico), cuja folha de Santa Maria (SH.22-V-C-IV-1), MI-2965/1, e folha Sanga da Laranjeira (SH.22-V-C-IV-3), MI-2965/3, ambas com escala de 1:50.000; Imagem do satélite ETM7⁺ LANDSAT, Órbita ponto 223/81, (passagem do satélite 13 de agosto de 2002). Os programas de informática utilizados foram; SPRING 4.2 e seus aplicativos (IMPIMA, IPLOT e SCARTA), Microsoft Word, Microsoft Excel e o CorelDraw 11.*

5 – *Para registro de fotografias utilizou-se: Máquina Digital OLYMPUS CAMEDIA D-390 de 2.0 megapixel.*

3.1.2 Metodologia do Sistema Aquático

Inicialmente, foram definidos oito pontos amostrais de coleta de água para contemplar a realização do presente trabalho. As coletas foram realizadas em duas saídas a campo, com intervalo de aproximadamente um mês, nos dias 05/04/05 e 10/05/05.

Para as coletas das amostras de água foram utilizados recipientes plásticos específicos a este fim, os quais, devidamente identificados e esterilizados, conforme exigem as normas da **Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB** (Alberti, 2004). Neste sentido a metodologia seguirá as etapas (Figura 2).

O procedimento de filtragem das amostras de água realizou-se no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geociências, no Centro de Ciências Naturais e Exatas da Universidade Federal de Santa Maria – RS.

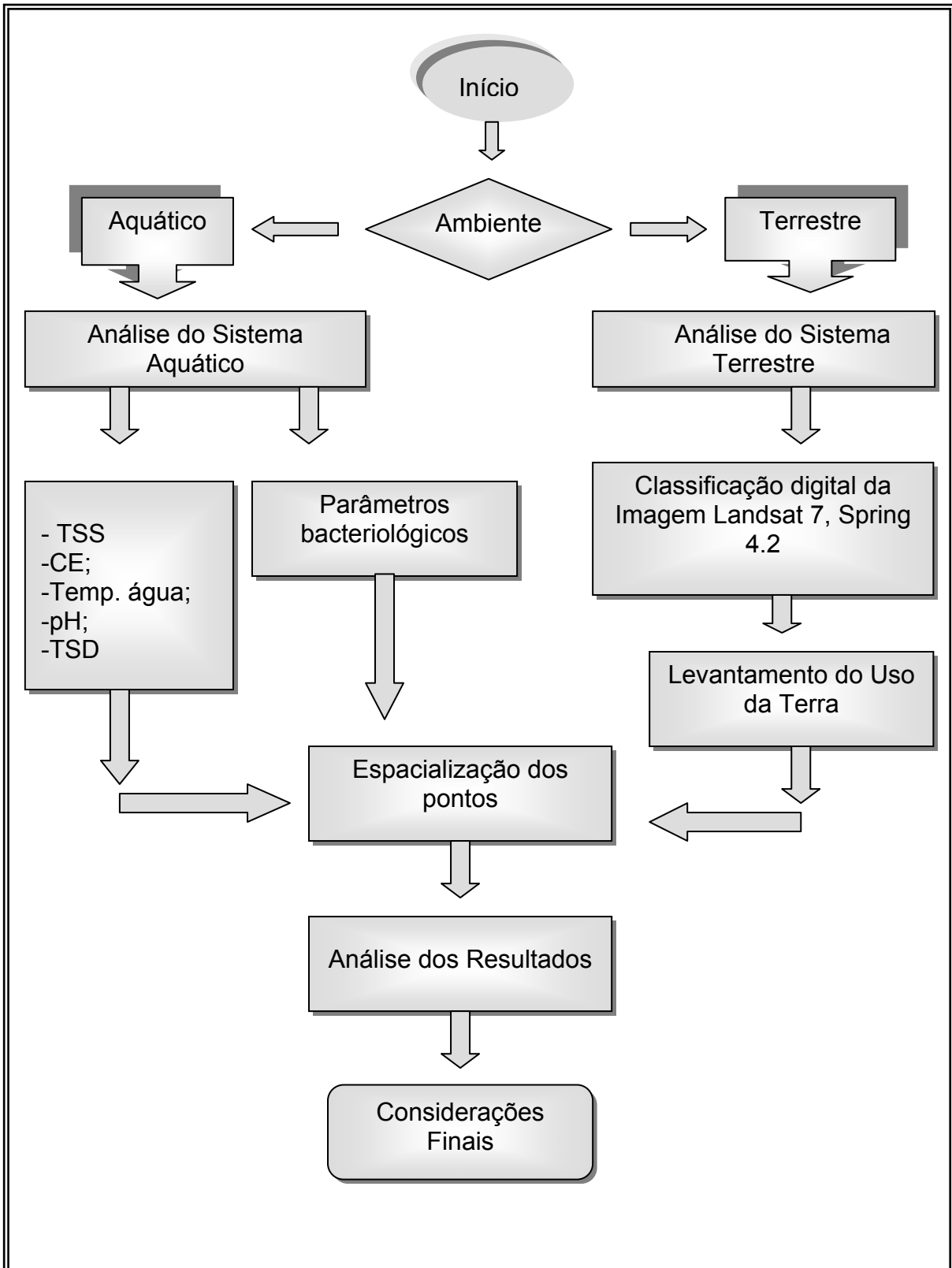


Figura 2 - Etapas metodológicas de desenvolvimento do trabalho
Org: REIS, Janete Teresinha, 2006.

3.1.2.1 Análise do pH, CE, temperatura da água e do ar e, TSD

As referidas variáveis foram registradas a campo com auxílio do termômetro, do Phmetro e do Condutímetro. Para atender o registro o pH, utilizou-se do Phmetro, cuja base foi introduzida em cada ponto de coleta de água e seguidamente o registro deste valor em papel.

O registro da condutividade elétrica, temperatura da água e total de sólidos dissolvidos foram realizadas através do Condutímetro, onde a base do aparelho, também foi introduzida na água em cada ponto de coleta e posteriormente anotados seu registro. Assim como, a temperatura do ar foi registrada através do termômetro e seu valor anotado em folha para a posterior análise da coleta dos dados obtidos.

3.1.2.2 Análise do Total de Sólidos em Suspensão

Quanto a caracterização dos parâmetros da água, analisou-se o Total de Sólidos em Suspensão (TSS), com os seguintes procedimentos: de posse dos filtros, os quais devidamente numerados e acondicionados em placas de petri, e secos, sendo que a secagem foi realizada em Estufa de Esterilização Universal (FABBE – PRIMAR), a uma temperatura de 60 °C por um período de 24 horas, posteriormente estes filtros foram acondicionados no dessecador para estabilização da temperatura, além de protegidos da umidade ambiente até a pesagem (Alberti, 2004).

Após realizou-se a pesagem dos filtros para determinar o Peso Inicial (**PI**), uma das unidades utilizadas na equação para determinar os valores de TSS. A pesagem foi realizada em uma balança de precisão Metter Toledo, modelo AG245, cuja precisão consiste de centésimos de milésimos do grama, junto ao Laboratório de Pesquisa Espectrometria Atômica e Cromatografia, do Departamento de Química do Centro de Ciências Naturais e Exatas da UFSM. Os valores foram devidamente anotados em planilha para o posterior cálculo. Prosseguindo realizou-se a filtragem das amostras feitas com o auxílio de um “Conjunto” para filtrar, marcas Kontes e Kitasato. As garrafas de água foram devidamente agitadas antes de realizar a filtragem, tendo como princípio a homogeneização da amostra sendo a medida feita com uma proveta. Diante disso, realizou-se a filtragem da água para verificar a

quantidade de sedimentos contidos, sendo que o cálculo realizado com a quantidade de água filtrada para cada amostra, cujos valores foram devidamente anotados; posteriormente, os filtros novamente foram secados a uma temperatura de 60°C, durante 24 horas na mesma estufa realizada anteriormente. Feito isso, os filtros foram acondicionados novamente no dessecador para estabilização da temperatura, cujo objetivo consiste em protegê-los da umidade ambiente e levá-los até o laboratório para fazer a pesagem dos filtros com adição de sedimentos aos mesmos, assim determinou-se o Peso Final (**PF**), correspondente a outro parâmetro da equação (Agudo et al., 1988).

Tendo os valores das pesagens, tanto do Peso Seco Inicial (**PI**) quanto do Peso Seco Final (**PF**), o último citado, após a filtração pode-se realizar o cálculo para determinar a quantidade de sólidos (**TSS**) por amostra. A diferença entre o peso inicial do filtro e o peso final após a desidratação corresponde a quantidade de sólido total (**TSS**), presente nas amostras. Para determinar a quantidade de sólidos por amostra, utilizou-se a seguinte equação:

Equação 1

$$\text{TSS} = \frac{\text{PFg} - \text{PIg}}{\text{Vol. (L)}} \times 1000$$

Onde, a Variável **TSS** corresponde ao Total de Sólidos em Suspensão; **PF** = ao Peso Final, em gramas; **PI**= ao Peso Inicial, em gramas; **Vol** = Quantidade de água filtrada em litros multiplicada por mil. As coletas foram realizadas em duas etapas.

3.1.2.3 Análise dos Parâmetros Bacteriológicos

Para realizar a análise dos parâmetros bacteriológicos das amostras da água utilizou-se frasco de vidro esterilizado, de 200ml, com borda esmerilhada. A coleta consiste em mergulhar o frasco fechado na água, abrir a tampa, no sentido contrário da corrente d'água (Figura 3), encher até a quantidade desejada, aproximadamente 100% de sua capacidade, e, fechá-lo ainda submerso na água, assim acondicionou-se as amostras em recipiente de isopor com gelo e encaminhadas ao laboratório, no mesmo dia da coleta. Foram realizadas duas coletas.



Figura 3 – Momento da coleta de água para análise bacteriológica, procedimento de aquisição sem contato com o ar.

Fonte: Trabalho de Campo, REIS, Janete Teresinha, 10-05-05.

As análises bacteriológicas das amostras de água foram realizadas no Laboratório do Departamento de Saúde da Comunidade, do Centro de Ciências da Saúde, na Universidade Federal de Santa Maria.

A técnica utilizada para a análise bacteriológica das amostras de água consiste na Técnica de Fermentação em Tubos Múltiplos e o parâmetro a ser considerado foi o Número Mais Provável de Coliformes Totais (NMP de Coliformes Totais/100ml), e o Número Mais provável de Coliformes Fecais (NMP de Coliformes Fecais/100ml). Estes testes realizados de ordem quantitativa e em duas fases, consistem em identificar ou não a presença de coliformes fecais.

A primeira fase denominada de **prova presuntiva** em que as amostras foram inoculadas em tubos com meio de cultura - Caldo Lactosado - e tubos de *Durham* com a finalidade de detectar a formação de gás produzido pelas bactérias na fermentação da lactose do meio. Em seguida os tubos foram inoculados a 35% durante 24-48 horas em estufa bacteriológica.

A segunda fase, denominada de **prova confirmativa**, esta somente foi realizada para obter resultados positivos da prova anterior em tubos com meio de cultura, através do uso do meio de cultura seletiva. Assim, identificou-se o grau de contaminação nos diferentes estágios de análise, bem como os diferentes contaminantes presentes na água. Estes dados foram transpostos em tabelas e analisados posteriormente, resultando gráficos, cujos dados indicaram as áreas mais críticas do ecossistema aquático (Agudo et al. 1988).

Para a identificação dos pontos das coletas de água foram definidos critérios como: proximidade de áreas urbanas, de campo, focos de lixo a céu aberto e também, a facilidade de acesso ao ponto amostral. A localização dos pontos amostrais obedeceram aos critérios acima descritos e, foram avaliados, após visita em campo para reconhecimento das condições reais.

3.1.3 Metodologia do Sistema Terrestre

3.1.3.1 O Uso da Terra

Os procedimentos técnicos e operacionais de geoprocessamento e sensoriamento remoto para identificar o uso da terra (realizado e identificado a partir da imagem digital *Landsat*) e o processamento utilizou-se do programa Spring a versão 4.2.

Na elaboração do mapa base da área em estudo, utilizou-se de carta topográfica da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico), folha Santa Maria SH.22-V-C-IV-1, (MI-2965/1) e a folha Sanga da Laranjeira SH.22-V-C-3 (MI-2965/3), cujas escalas de 1: 50.000. A carta foi transferida do modo analógico para digital *raster* (scanner). Esta imagem foi georeferenciada no programa computacional Spring 4.2. Após realizou-se a digitalização dos planos de informações via tela do computador. O plano de informação da rede de drenagem serviu de base para posteriormente sobrepor a Imagem de Satélite, onde, realizou-se a classificação digital da imagem identificando-se o uso da terra.

O mapa de uso da terra elaborado em meio digital, no programa computacional Spring 4.2, com base na imagem do satélite ETM7⁺ *Landsat*, nas bandas 3, 4 e 5, com Órbita ponto de 223/81, cuja data de 13 de agosto de 2002, formato Geotiff, em

projeção de UTM e Datum no SAD 69. Assim, selecionou-se as bandas 3, 4 e 5, uma vez que melhor identificam os limites entre solo e água e as coberturas vegetais. Com este propósito, foram ativadas na tela as bandas citadas anteriormente e conseqüentemente, pode-se atribuir a falsa cor, o que facilitou a interpretação dos usos.

Assim, a classificação digital de imagens consiste no processo da extração de informações para se reconhecer padrões e objetos homogêneos distribuídos sobre a superfície terrestre. Os métodos de classificação usados para mapear áreas que apresentam um mesmo significado em imagens digitais. Para identificar o uso da terra utilizou-se da classificação digital supervisionada e parâmetros estatísticos de Máxima Verossimilhança com classificação “pixel a pixel”. Onde se adquire as amostras sobre a área de estudo.

As classes de uso da terra foram estabelecidas, tendo como base as identificadas na imagem de satélite, nos quais teve-se a presença da área urbanizada, água, floresta, agricultura e campo, tendo como principal enfoque a rede de drenagem, além das observações realizadas a campo, dentro do limite que compreende a Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena. A edição final do mapa foi executada no aplicativo Scarta 4.2 e CorelDraw 11.

3.1.3.2 Área de Preservação Permanente (APP)

Para realizar a delimitação das áreas de preservação permanente, seguiu-se a norma de acordo com do Código Florestal Federal (Lei Nº 4.771) Art. 2º, que prevê preservar as coberturas florestais e demais formas de vegetação naturais, situadas ao longo dos rios, cujos canais com até 10 metros de largura, (onde a área de estudo é contemplada), a área de preservação permanente corresponde em 30 metros. Com relação à rede hidrográfica foi executada a operação “temático-mapa de distância”. O processamento iniciou com a rede hidrográfica ativada e, seguidamente, na operação temático a opção mapa de distância. Partindo deste pressuposto, realizou-se a seleção do elemento e a entidade definida como linha. Posteriormente foi definido o plano de informação para armazenar o mapa de preservação permanente.

3.1.3.3 Uso e Ocupação da Terra X Áreas de Preservação Permanente e a Espacialização da Área de Captação dos Oito Pontos de Coleta de água

Após, elaborado o mapa de uso da terra e o das áreas de preservação permanente, realizou-se o cruzamento destes dois planos de informação, visando a elaboração do mapa (Uso e Ocupação da Terra X Áreas de Preservação Permanente) de conflitos. As classes definidas compreendem: área urbanizada, floresta, agricultura, campo e água (açude), os de maior significância para a área em foco.

Além disso, realizou-se a espacialização da área de influência dos pontos de coleta de água, ou seja da área de captação de cada ponto, identificada também como bacia de captação do ponto 1 localizado próximo a rua Silva Jardim, Bacia de captação 2 localizado próximo a Igreja Santa Catarina, do ponto 3 localizado na proximidade da rua Sete de Setembro, do ponto 4 localizado no bairro Chácara das Flores, do ponto 5 próximo a Avenida Borges de Medeiros, do ponto 6 na Ponte da Vila Oliveira, do ponto 7 na Rodovia (RST) 287, e o ponto 8 atrás do minúano (antes da estação de tratamento de água) dentro da Sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena (Figura 4). Para a delimitação das bacias de captação considerou-se como critério básico o divisor de água de cada ponto de coleta. Portanto, foram gerados oito planos de informações cada qual para o seu ponto, a exemplo de Ponto 1 - Plano de Informação 1 e processado no programa do Spring 4,2 sobre o mapa de uso e ocupação da terra. As delimitações das bacias de captação foram realizadas via tela no computador, obedecendo ao critério definido. No total, foram gerados oito planos de informações, cada qual atendendo aos seguintes tipos de usos: área urbanizada, campo, floresta, agricultura e água (açudes).

Diante da análise da influência do uso da terra sobre o ecossistema aquático, identificou-se três pontos considerados mais críticos 1, 3 e 5. Em função das áreas de captação apresentar *maior* presença de coliformes fecais, coliformes totais, com *elevados* valores quanto ao total de sólidos em suspensão, total de sólidos dissolvidos por amostra, pH, condutividade elétrica, além da poluição ambiental observados a campo. Tendo o mapa temático do uso e ocupação da terra, espacializou-se e indentificou-se as três áreas de captação consideradas mais críticas.

Figura 4 - Localização dos pontos da coleta de água na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria, RS

Org: REIS, Janete Teresinha, 2005.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DO USO DA TERRA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA - RS

Este capítulo trata do ambiente terrestre, tendo em vista, o levantamento do uso da terra para verificar sua influência na qualidade da água do Arroio Cadena. Para tanto, faz-se necessário, avaliar os tipos de usos que abrange toda a sub-bacia Hidrográfica do Arroio.

4.1 Ambiente Terrestre: o Uso da Terra na Sub-bacia Hidrográfica em Estudo

O levantamento do uso e ocupação da terra é de extrema importância por relatar a influência que a ação antrópica realiza sobre o ecossistema ou mesmo com o meio ambiente ao qual vive. Neste sentido, percebe-se que a Sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena assume grande expressão no que concerne ao uso de Campo, o que evidencia a presença da pecuária na área, uma vez que 3.368,70ha compreendem esta variável analisada (Tabela 1). Portanto a área urbana mistura-se a área não ocupada por habitações associada a área de campo.

Tabela 1 – Tipos de usos da terra encontrados na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena.

Uso e Ocupação da Terra	hectares	% da classe
Campo	3.368,70	52,46
Área urbanizada	2.513,80	39,16
Agricultura	0,15	0,002
Floresta	514,50	8,01
Água	23,47	0,368
Área total das classes	6.420,62	100

Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002, as bandas utilizadas 3, 4 e 5.
Org: REIS, Janete Teresinha.

A presença de campo auxilia na retenção do solo diminuindo o assoreamento do arroio. Mas por outro lado o gado em contato com a água que circula poderá ser contaminada, uma vez que o gado tem o livre acesso ao arroio (Figura 5). Porém, o esterco é um contaminante que poderá influenciar de forma negativa no ambiente local.



Figura 5 - Presença de campo com pecuária na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena

Fonte: Trabalho de Campo, REIS, Janete Teresinha, 10-05-05.

A sub-bacia hidrográfica banha grande parte da área urbanizada, tendo em vista que 2.513,8ha respondem a esse uso (Figura 6). Este fato dificulta a infiltração da água pela presença de asfalto e pode acelerar o escoamento superficial. Para Esteves (1988) citado por Pereira Filho 2000 as alterações que ocorrem na superfície terrestre, como as construções de cidades, devastações de florestas, construção de represas e outras obras alteram o fluxo natural das águas. Tendo na construção da cidade uma modificação no coeficiente de infiltração da água para o subsolo. Por se tratar de uma sub-bacia, onde 31,3% é urbanizada, as dificuldades para o manejo integrado tornam-se mais complexas.

Com relação a Floresta, em toda sub-bacia encontra-se 514,5ha. A distribuição espacial deste uso ocorre principalmente no rebordo, porção norte da cidade. No constante da rede de drenagem da sub-bacia, ressalta-se um déficit de mata ciliar

x

Figura 6 – Mapa do uso da terra da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena
Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002, bandas 3, 4 e 5.
Org: REIS, Janete Teresinha.

que segundo o Código Florestal é imprescindível ao longo das margens do leito fluvial.

A ausência de mata ciliar auxilia no deslocamento de partículas de solo para as partes inferiores, e geralmente os sedimentos são transportados e depositados no leito fluvial formando bancos de areia e o conseqüente assoreamento. A floresta ciliar pode frear como acelerar o deslocamento destas partículas. A conservação florestal ciliar em vertentes evita o deslocamento das partículas de solo para as partes inferiores, além de diminuir a energia cinética das gotas das chuvas, favorece a infiltração de água no subsolo evitando a erosão. No caso do Arroio Cadena, segundo o Código Florestal é considerado como ideal 30 metros de mata ciliar, o que de fato não ocorre. Ressalta-se que a ausência da mata ciliar pode influenciar nas condições físicas da água.

No contexto geral, a agricultura, é pouco expressiva, mas onde ocorre requer manejo adequado. Este uso é encontrado em apenas 0,15 ha da sub-bacia em estudo. A presença de agricultura, nas margens de Arroios auxilia localmente no assoreamento e na erosão do solo, além de poder contribuir na formação de blocos de solo dentro do leito.

Na sub-bacia em estudo 23,47 ha, correspondem ao uso e ocupação de água, representando 0,4 %, do percentual total. Cabe ressaltar que a rede de drenagem não está incluída no valor registrado.

4.1.1 Áreas de Preservação Permanente

O mapa da APP indica onde obrigatoriamente por lei é exigida a preservação de mata. Porém, este requisito não é cumprido na sua integralidade. Este fato é observado no transcorrer do leito fluvial, desde a montante até a jusante da sub-bacia. Seguindo as normas do Código Florestal a preservação permanente de mata ciliar no seu entorno deve corresponder a 30 metros. O levantamento apontou a necessidade de uma área de preservação permanente de 840,73ha, ao longo do leito fluvial (Figura 7). Nestas porções deveriam ocorrer planos de cercamento para a regeneração das espécies vegetais e a não ocupação das áreas. A declividade e os topos de morros não foram considerados neste caso.

x

Figura 7 – Mapa da área de preservação permanente da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena
Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002, as bandas utilizadas 3, 4 e 5.
Org: REIS, Janete Teresinha.

4.1.2 Áreas de Conflito

A área de conflito observada no presente estudo é bastante expressiva uma vez que na maior parte da rede de drenagem há inexistência de mata ciliar, favorecendo o assoreamento no leito fluvial, bem como a erosão lateral dos diques marginais associados a transbordamentos e inundações nas zonas ribeirinhas do Arroio.

Na área urbanizada registra-se 238,64ha de conflito, isto demonstra que grande parte do leito fluvial além da ausência da mata ciliar nas suas margens não cumpre a Legislação Ambiental relativa as áreas de preservação permanente de 30 metros de mata ciliar, além de moradias localizadas na zona ribeirinha (Tabela 2).

Tabela 2 – Classes de conflito do uso da terra na Sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena

Classe em Conflito	hectares	% da classe
Campo	345,94	53,71
Área urbanizada	238,64	37,047
Agricultura	0,024	0,003
Floresta	48,25	7,49
Água	11,28	1,75
Área total das classes	644,13	100
Diferença Área total	5.776,50	86,82
Classes X conflito		
Área total da Sub-bacia	6.420,62	100%

Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002, as bandas utilizadas 3, 4 e 5.
Org: REIS, Janete Teresinha.

Na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena há carência na conservação ambiental, tanto do recurso água quanto do uso da terra. A falta de conservação do recurso natural e o desequilíbrio do ambiente da sub-bacia são comprovados pelo conflito do uso da terra. O levantamento revela que os usos da terra mais conflitantes são: o campo com 53,71% e a área urbanizada de 37,04% de conflito (Figura 8).

x

Figura 8 – Mapa de conflito pelo uso inadequado da terra

Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002, as bandas utilizadas 3, 4 e 5.

Org: REIS, Janete Teresinha.

O conflito encontrado na classe de campo demonstra a necessidade de reavaliar os usos na Sub-bacia do Arroio Cadena, tendo em vista a conservação do ambiente. Estes conflitos registrados são comprovados a campo. Todavia, os pontos frágeis e críticos são perceptíveis, em virtude do impacto negativo submetido ao ecossistema aquático e todos os elementos que envolvem a ambiência. Estas são áreas definidas como unidade de conservação, de acordo com Campos 2003 (Figura 9)



Figura 9 – Área em conflito apresentando-se frágil e crítica quanto a conservação do Ecossistema aquático e terrestre.

Fonte: Trabalho de Campo, REIS, Janete Teresinha, 10-05-05.

O autor citado anteriormente recomenda para as áreas frágeis que a preservação seja total ou se exerça um controle mais rigoroso e, nas áreas críticas uma proposição de medidas para sua recuperação.

Na classe agricultura registra-se 0,024ha em conflito, evidencia-se um uso da terra de forma inadequada, por estar presente nos 30 metros considerados de preservação permanente. Quanto a classe de Floresta, observou-se que 48,25ha estão em conflito na sub-bacia, assim pode ser caracterizado como uso inadequado do solo, sujeito a desequilíbrios em virtude da diminuição da cobertura de flora e da fauna silvestre, necessários a manutenção do equilíbrio do ecossistema.

A água caracterizada como recurso natural essencial à vida dos seres vivos, esta classe apresentando um conflito de 11,28ha quanto ao uso. Um dos principais desafios para o século XXI será garantir o suprimento adequado de água. A preocupação relacionada ao recurso água está cada vez mais presente na sociedade, tendo em vista a contaminação dos mananciais de água, bem como o lençol freático, facilitando a contaminação da água subterrânea apresentando um perigo para os aquíferos que poderão abastecer a humanidade. A água poluída apresenta uma ameaça à humanidade e à sobrevivência da biosfera como um todo, não pela falta de água, mas sim pela escassez de água “pura”, “limpa”. A intensa poluição pode provocar a morte dos mananciais hídricos, dificultando a reconstituição (Figura 10). A presença de lixo sólido é outro elemento causador de poluição do ecossistema aquático na área em estudo, deteriorando a qualidade da água causando impacto ambiental (Resolução nº 20/1986).



Figura 10 – Poluição do ecossistema aquático por resíduos sólidos

Fonte: Trabalho de Campo, REIS, Janete Teresinha, 10-05-05.

A área de conflito na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena é expressiva. A poluição do ecossistema aquático é causada por vários elementos que interagem conjuntamente. A ação antrópica é o principal agente modelador e impostor, usa o recurso natural sem medir as conseqüências atuais e futuras.

4.2 Análise Espacial do Uso da Terra nos Pontos de Coleta

A análise do uso da terra corresponde a oito pontos, levando em consideração a área de influência a montante de cada ponto amostral da coleta de água da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena ilustrada na figura 11.

4.2.1 O Uso da Terra nos Pontos de Coleta

O uso da terra no Ponto 1, próximo a rua Silva Jardim, caracteriza-se principalmente e quase exclusivamente pela área urbanizada. O uso da terra a fins urbanos determina 33,77ha e o espaço ocupado com campo 2,97ha (anexo 1). Este ponto se localiza na rua Silva Jardim e é marcado pela ausência de florestas, agricultura e açudes (Figura 11).

O ponto 2, localizado próximo a Igreja Santa Catarina, também, é marcado pelo expressivo uso de área urbanizada, onde 59,69ha são ocupados exercendo funções urbanas. Neste ponto observa-se também a presença de campo de 19,30ha e floresta de 17,84ha. Cabe ressaltar a ausência da agricultura e de açudes.

No ponto 3, a área urbanizada representa 138,83 ha, a área de campo de 33,77 ha e floresta 13,29ha, o qual localiza-se próximo a rua sete de Setembro. A área urbanizada assume destaque, demonstrando que a montante da sub-bacia do Arroio Cadena grande parte desta área está urbanizada. Ressalta-se a ausência dos usos: água e agricultura*.

Em contrapartida no ponto 4 a área urbanizada é pouco expressiva, localizado no bairro Chácara das Flores. Este ponto se localiza na porção norte da cidade de Santa Maria, mais precisamente no bairro Chácara das Flores, sendo uma nascente do Arroio Cadena. A montante do ponto 4 encontra-se floresta que auxilia na manutenção da qualidade natural da água desta nascente. Desta forma, a floresta ocupa 22,20ha, seguida de campos com 8,29ha e a área urbanizada perfaz 4,78ha.

* Os usos analisados são: campo, água indicando açudes, agricultura, floresta e área urbanizada. Os usos não mencionados nos pontos estão ausentes.



x

Figura 11 – Mapa de uso da terra Indicando a espacialização dos pontos de coleta de água.
Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002, as bandas utilizadas 3, 4 e 5.
Org: REIS, Janete Teresinha

O ponto 5, próximo a avenida Borges de Medeiros registra o uso de elevada área urbanizada, sendo a mais expressiva, com 364,55ha. Outro uso de destaque é o campo ocupando 209,30 ha e a floresta de 162,63ha da área de influência.

No ponto 6, próximo a ponte da Vila Oliveira o uso de campo se destaca com a ocupação de 541,61ha. Outro uso representativo é a área urbanizada com 308,80ha. A floresta registra a ocupação de 99,13ha.

O uso da terra no ponto 7, junto a ponte da RST 287 é marcado pela área urbanizada que ocupa 360,31 ha, em seguida com 251,86ha tem-se o campo e 5,49ha de floresta. Ressalta-se a presença de açudes caracterizando 1,06 ha.

No ponto 8, atrás do Minuano o campo ocupa maior porção de terra, de 1.967,27ha. A área urbanizada é de 1.228,49ha, a floresta de 174,25ha, os açudes de 22,58ha e a agricultura com 0,17ha.

Na análise integrada do uso da terra nos pontos de coleta de água, o ponto 1, recebe maior influência da área urbanizada que compreendendo 91,93% da sua área total, (Tabela 3). Este fato, influencia no grau de contaminação da água observada no ponto 1. Por outro lado, o ponto 4 caracteriza-se por apresentar o menor índice de ocupação urbana registrada nessa categoria de uso.

Tabela 3 – Pontos de coleta com maior respaldo ao uso e ocupação de área urbanizada

Pontos	Usos da terra	hectares	% de uso no ponto
Ponto 1	Área urbanizada	33,77	91,93
Ponto 2	Área urbanizada	59,69	61,65
Ponto 3	Área urbanizada	138,83	74,68
Ponto 4	Área urbanizada	4,78	13,55
Ponto 5	Área urbanizada	364,55	49,49
Ponto 6	Área urbanizada	308,80	32,53
Ponto 7	Área urbanizada	360,31	58,25
Ponto 8	Área urbanizada	1.228,49	36,205

Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002.
Org: REIS, Janete Teresinha.

A maior área de uso e ocupação de campo corresponde ao ponto 8, com 57,98% da área total (Tabela 4). Ressaltando que o ponto 8 ocupa uma área de 1.967,27ha compreendendo o ponto de maior área. Por outro lado, o ponto 1 possui o menor percentual de campo em sua área de influência. Porém cabe ressaltar que os pontos 1, 2, 3 e 4 possuem menor área de influência do uso da terra sobre o ecossistema aquático e o ponto 8 a maior área de influência. Este fato se deve pela influência que o uso da terra exerce sobre o ecossistema aquático.

Tabela 4 - Pontos de coleta com maior respaldo ao uso e ocupação de campo

Pontos	Usos da terra	hectares	% de uso no ponto
Ponto 1	Campo	2,97	8,07
Ponto 2	Campo	19,3	19,93
Ponto 3	Campo	33,77	18,17
Ponto 4	Campo	8,29	23,50
Ponto 5	Campo	209,30	28,42
Ponto 6	Campo	541,61	57,04
Ponto 7	Campo	251,86	40,70
Ponto 8	Campo	1.967,27	58,02

Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002.

Org: REIS, Janete Teresinha.

Partindo neste entendimento, o uso da terra nos pontos 1 e 2 influenciam no ponto 3. No ponto 4 a coleta de água foi realizada em uma nascente, assim somente o tipo de uso que tiver a sua montante influência no ecossistema aquático. Destaca-se no ponto 4 o uso e ocupação de floresta com 62,94% da área total (Tabela 5). No entanto, o ponto 1 é caracterizado pela ausência de floresta.

Tabela 5 - Pontos da coleta com maior respaldo ao uso e ocupação de Floresta

Pontos	Usos da terra	hectares	% de uso no ponto
Ponto 1	Floresta	0	0
Ponto 2	Floresta	17,83	18,42
Ponto 3	Floresta	13,29	7,15
Ponto 4	Floresta	22,20	62,95
Ponto 5	Floresta	162,63	22,09
Ponto 6	Floresta	99,12	10,43
Ponto 7	Floresta	5,49	0,88
Ponto 8	Floresta	174,24	5,12

Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002.
Org: REIS, Janete Teresinha.

O uso da terra na sub-bacia em estudo apresenta resumidamente resultados que devem ser reavaliados por influenciar o ecossistema aquático, prejudicando o ecossistema local. Ressalta-se, portanto o conjunto das formas de uso e ocupação da terra de mais relevância (Tabela 6).

Tabela 6 – As formas de uso e ocupação da terra com maior relevância

Pontos de coleta de água	% de uso da terra em área urbanizada	% de uso da terra em campo	% de uso da terra em floresta
P1	91,93	8,07	0
P2	61,65	19,93	18,42
P3	74,68	18,17	7,15
P4	13,55	23,50	62,95
P5	49,49	28,42	22,09
P6	32,53	57,04	10,43
P7	58,25	40,70	0,88
P8	36,205	58,02	5,12

Obs: No ponto 7, 0,17% corresponde a água, ou seja açudes; e no ponto 8 0,65% compreende a classe de água e 0,005% de agricultura.

Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002, as bandas utilizadas 3, 4 e 5.
Org: REIS, Janete Teresinha.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DO ECOSISTEMA AQUÁTICO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA-RS

O presente capítulo trata do ambiente aquático, tendo em vista, análise da qualidade da água. Para tanto, faz-se necessário, analisar as variáveis limnológicas e bacteriológicas em determinados pontos da sub-bacia Hidrográfica do Arroio.

5.1 Ambiente Aquático

A análise e discussão inicial referem-se as variáveis limnológicas e bacteriológicas da água do Arroio Cadena, as quais caracterizam-se por apresentar grau de contaminação e/ou poluição no ecossistema aquático. A primeira coleta das amostras de água foram realizadas no início do mês de Abril, no final da estação do verão e início do outono, sendo esta amostra coletada, dois dias após a chuva.

5.1.1 Variáveis, indicadoras de qualidade física: primeira coleta

Para caracterizar a água são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. Os principais indicadores de qualidade da água são os aspectos físicos, químicos e os biológicos. Quanto aos aspectos físicos temos a cor, turbidez, temperatura, sabor e odor (Mota, 1997).

As medidas de controle da poluição de um recurso hídrico que têm melhores resultados são aquelas que consideram a bacia hidrográfica como um todo, uma vez que a qualidade da água de um manancial depende do uso e das atividades desenvolvidas na sua área de contribuição (Mota, 1997 p. 129).

No primeiro ponto a CE, caracteriza-se por ser o mais elevado, com um teor de 520 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o qual indica a presença potencial de poluição, o que se deve, principalmente, pelo lançamento de esgoto dentro do Arroio de forma *in natura*.

A condutividade elétrica demonstra também, a quantidade de sólidos dissolvidos na água. Neste sentido, percebe-se que em todos os pontos amostrais a água apresenta elevado grau de CE. Além de que, no terceiro ponto amostral a condutividade da água do Arroio Cadena, assume expressão de 482 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de teor. Em contrapartida o menor ponto amostral registrado corresponde ao ponto 4, com 119,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Neste sentido, a Condutividade Elétrica dos pontos 1, 3 e 5 são os mais relevantes, indicando alta presença de condutividade na água (Figura 12).

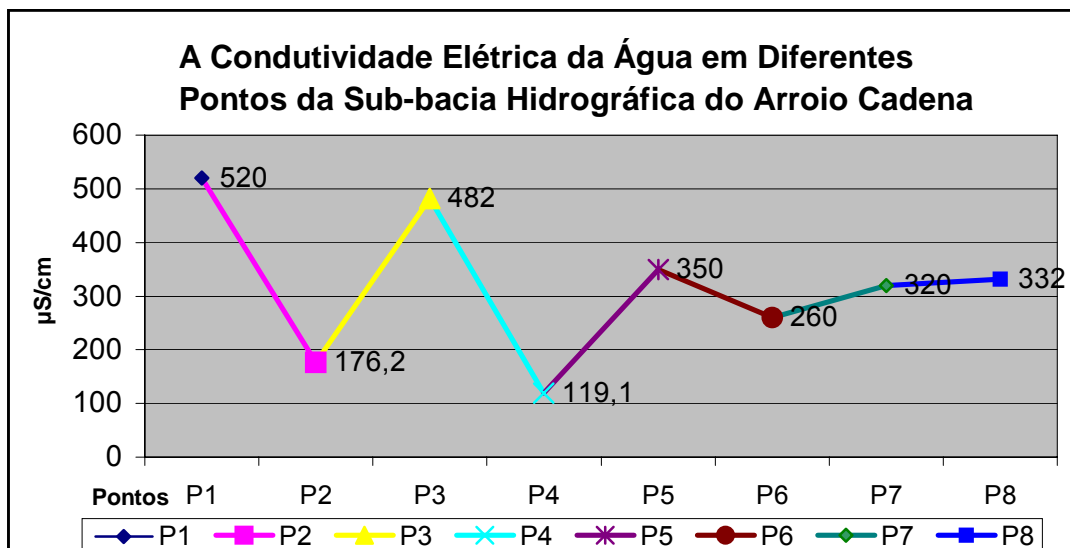


Figura 12 – Faixa de variação da condutividade elétrica da Água ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Fonte: Trabalho de Campo, Santa Maria -2005 (05-04-05)

Org: REIS, Janete Teresinha.

A CE do ponto 4, caracterizada por uma nascente foi de 119,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando características naturais, juntamente com o Ponto 2 (já localizado em área urbanizada) mas sem alteração do meio aquático em relação a este parâmetro.

A faixa de variação da CE foi entre 119,1 a 520 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e uma média aproximada de 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores mínimos indicaram condições naturais da água e os valores mais elevados indicam alteração da qualidade natural, ou impacto ambiental Resolução nº 20/86 CONAMA.

A temperatura é outro parâmetro importante porque indica a tolerância térmica máxima e mínima na sobrevivência dos seres vivos presentes no ecossistema aquático. A temperatura da água manteve-se mais ou menos estável, além de que nos pontos 2 e 4, a presença de floresta, permitiu a diminuição da temperatura.

A temperatura da água variou de 16,7 a 20,6°C, sendo que a temperatura mais elevada foi observada, no ponto 8, em virtude da maior insolação, além da ausência de vegetação permitindo que os raios solares penetrassem diretamente sobre a água, e bem como, em horário que favoreceu o aumento da temperatura, a saber, às 12:05 horas e cinco minutos. Além disso, deve estar relacionado também, ao lançamento do esgoto dentro do Arroio, a quantidade de partículas em suspensão e ainda a concentração dos sedimentos disponíveis na água, os quais afetam sua turbidez. A média da faixa de variação da temperatura da água foi de 18,65°C (Figura 13).

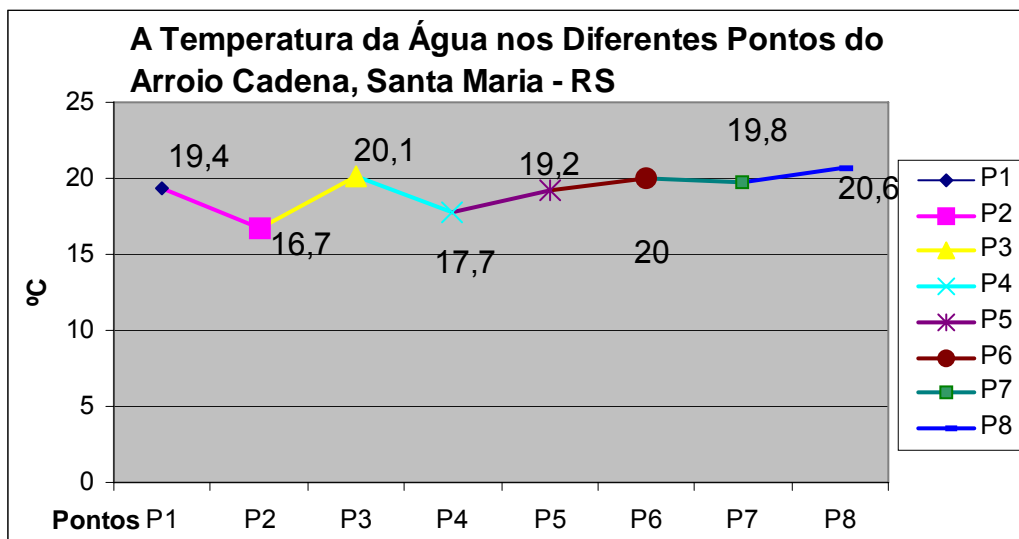


Figura 13 – Faixa de variação da temperatura da água (°C).

Fonte: Trabalho de Campo, 04-05-05.

Org: REIS, Janete Teresinha.

Outro fator a ser considerado é a profundidade da água do Arroio em seu ponto de coleta, uma vez que águas rasas recebem mais insolação e, portanto, eleva a temperatura. Neste sentido, percebeu-se, onde ha incidência direta do sol sobre a água teve-se uma temperatura mais elevada.

O lançamento de esgoto de forma *in natura* dentro do Arroio é considerado pela resolução nº 20/86 do CONAMA, onde estabelece que os efluentes de qualquer

fonte poluidora somente poderão ser lançados direta ou indiretamente, nos corpos de água, desde que obedeçam às condições da temperatura ser inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C; (Mota,1997 p. 135). Porém, observou-se que estes são critérios descumpridos uma vez que em vários trechos verifica-se a ausência de canalização de esgoto, e os moradores para se livrar dos seus esgotos o lançam diretamente no Arroio, uma vez que moram nas zonas ribeirinhas do mesmo.

A temperatura do ar está diretamente ligada com a temperatura da água, pois, observou-se que o aumento da temperatura do ar resultou num aumento pouco significativo da temperatura da água, porém em locais com florestas a temperatura do ar registrada foi menor. No entanto, a temperatura do ar manteve-se entre 20 e 26 °C, no período da coleta das amostras de água (Figura 14). Assim, percebeu-se que a primeira coleta realizada no início do outono, teve temperaturas mais amenas durante as coletas.

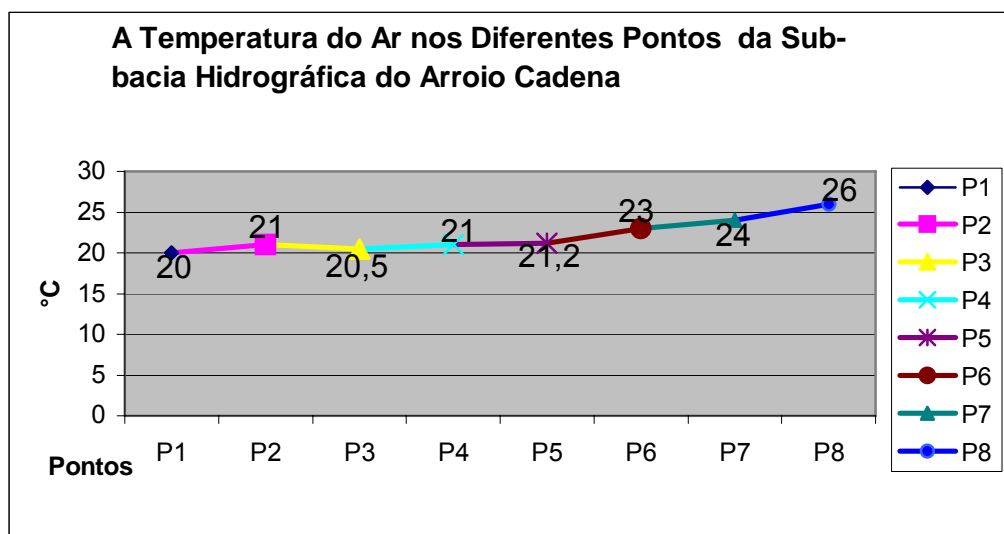


Figura 14 – Faixa de variação da temperatura do ar (°C).

Fonte: Trabalho de Campo, 04-05 –05.
Org: REIS, Janete Teresinha.

Para tanto, se verificou que o total de sólidos dissolvidos nos pontos 1 e 3 apresentam maior expressão com 250 mg/l e 231 mg/l. A este fato contribui, o lançamento de esgoto dentro do arroio, além do lixo orgânico que aos poucos se deteriora e é transportado influenciando o feito fluvial em direção a foz. Tem-se

neste caso, também a decomposição das folhas e animais mortos jogados dentro o leito fluvial.

Além disso, a água não manteve a coloração igual em todos os pontos de coleta, por isso observou-se em determinado trecho a presença de sedimentos com coloração avermelhada, o que permite inferir a influência de lançamento de água secundária no arroio. Em virtude das condições naturais foi impossibilitada a verificação da natureza da procedência da água dessa coloração. Além de que a água foi perdendo a coloração avermelhada, indicando a ausência excessiva de materiais dos solos dentro do leito fluvial. O lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderá ser despejado no leito fluvial desde que obedeçam as normas do CONAMA, resolução nº 20/86 (Mota, 1997).

A faixa de variação na concentração do total de sólidos dissolvidos foi de 56 mg/L, identificado no ponto 4 a 250mg/L registrado no ponto 1, uma média de 153 mg/L (Figura 15).

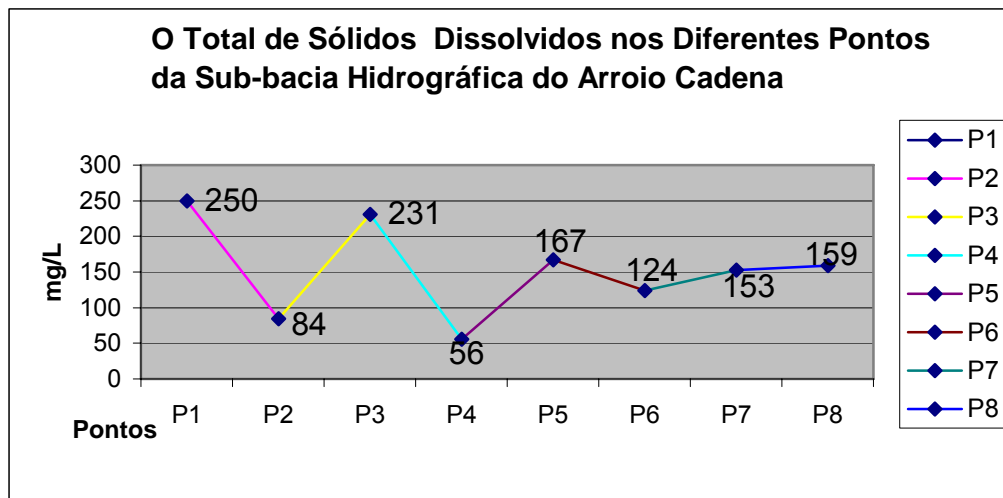


Figura 15 – Faixa da variação na concentração do total de sólidos dissolvidos (mg/L).

Fonte: Trabalho de Campo, 04-05-05.
Org: REIS, Janete Teresinha.

Verifica-se o descumprimento desta resolução pelos habitantes urbanos, como também, pelos próprios órgãos públicos em permitir o lançamento de esgoto dentro do Arroio, da mesma forma por não realizar o tratamento e a devida canalização do esgoto urbano, principalmente dos moradores que habitam as proximidades. Porém, cabe ressaltar que o parâmetro do total de sedimentos

dissolvidos assume grande importância na indicação da qualidade dos níveis do ecossistema aquático, sem que sua presença excessiva impossibilitaria a renovação dos organismos vivos, os quais são responsáveis pela oxigenação na água.

O TSS indica a presença ou ausência de substâncias orgânicas e inorgânicas, do mesmo modo como microorganismos e fitoplâncton suspensos na água. A presença destes índices se caracteriza pelo aumento do peso específico, observado na água em caso da existência de materiais ou partículas em suspensão e também pela viscosidade da água. Além de interceptar e medir todos os elementos presentes na água, tanto micro ou macroscópicos, para os quais utiliza-se um filtro como receptor destas impurezas.

A faixa de variação da concentração do TSS foi entre 56 a 453 mg/L, e o valor médio registrado corresponde a 183 mg/L. Porém, o valor natural da nascente ponto 4 de 97 mg/L é superado várias vezes nos pontos a jusante (Figura 16).

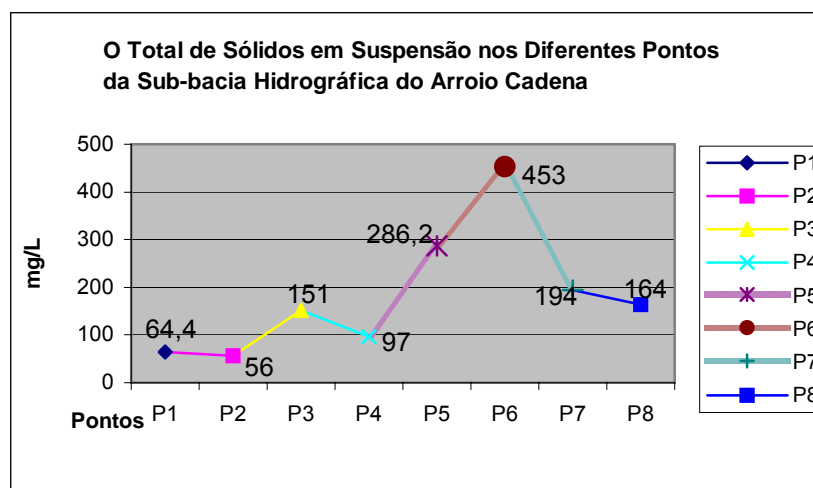


Figura 16 – Faixa de variação do total de sólidos em suspensão (mg/L)

Fonte: Trabalho de Campo, 04-05-05.

Org: REIS, Janete Teresinha.

O maior ponto de concentração de sólidos em suspensão consiste no ponto 6, o que evidencia o acúmulo dos sedimentos oriundos do lançamento de esgoto desde o ponto 5 que também é elevado. Além disso, acrescenta-se o sedimento oriundo da erosão e que é transportado para a parte inferior até atingir o leito do rio. Este fato é comum ocorrer em leitos fluviais desprovidos de vegetação ciliar nas nascentes e no leito principal. A erosão laminar facilita o transporte de sedimentos, lavando o solo, permitindo uma coloração avermelhada, quando solo apresenta esta

coloração. No entanto, os pontos 5 e 6 apresentam maior percentual de sedimentos em suspensão, o que também pode ser visto no (Quadro 1).

Primeira Coleta	CE ($\mu\text{S/cm}$)	Temp. Água °C	Temp. Ar °C	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)
P1 - R. Silva Jardim	520	19,4	20	250	64,4
P2 - Igreja Sta Catarina.	176,2	16,7	21	84	56
P3 - Prox. R. Sete de Set.	482	20,1	20,5	231	151
P4 - Ch. Flores	119,1	17,7	21	56	97
P5 - R. Silvio Romeiro	350	19,2	21,2	167	286,2
P6 - Ponte Oliveira	260	20	23	124	453
P7 - Ponte RST 287	320	19,8	24	153	194
P8 - Atrás do Minuano	332	20,6	26	159	164

Quadro 1- Resultado das coletas de água do ecossistema aquático da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria-RS.

Fonte: Trabalho de Campo, realizadas em 05/04/2005
Org: REIS, Janete Teresinha.

Atribui-se, também, ao aumento da concentração de sólidos, a influência de ação antrópica do canal principal, sendo que a água aumenta a velocidade em virtude do alargamento do canal principal. Parte do canal principal do Arroio Cadena passou por um processo de retificação e foi desviado do leito original.

Os pontos 1, 2 e 4 caracterizam-se por serem zonas ou trajetos de menor concentração de sólidos em suspensão. Nestes pontos, observou-se uma água mais transparente do que nos outros pontos. A medida que a água oriunda do ponto 2 apresenta menor concentração e provém de nascente, cuja vertente encontra-se coberta por floresta, indicando um baixo grau de alteração antrópica do ecossistema. Cabe ressaltar que todos os pontos de coleta localizam-se antes da Estação de Tratamento de Água/CORSAN.

5.1.2 Variáveis, indicadoras de qualidade química: primeira coleta

O pH presente na água é um dos indicadores de qualidade química representando o equilíbrio entre os íons H⁺. Neste entendimento, observa-se que

nos três primeiros pontos observados não há presença de acidez na água, porque segundo Mota (1997) os íons constantes entre 7 a 14 indicam se uma água contém acidez. A água é considerada potável quando apresenta um pH entre 6,5 e 9,5. Resolução 20/86 e 353/2005. Cabe destacar que somente serão levados em consideração na primeira coleta os pontos 1, 2 e 3, em virtude de problemas técnicos no aparelho.

Em base, a resolução nº 20/86 do CONAMA, que vem estabelecer que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, diretos ou indiretamente, nos corpos de água, desde que obedeçam às condições de pH entre 5 e 9. O registrado dos dados do pH a campo ficaram comprometidos, em virtude de falhas no phmetro, em vista deste fato, será analisado no próximo trabalho de coleta a campo.

5.1.3 Variáveis, indicadoras de qualidade bacteriológica: primeira coleta

Quanto aos indicadores de qualidade biológica, têm-se os Coliformes, que são indicadores da presença de microorganismos patogênicos na água; pois os coliformes existentes nas fezes humanas e, quando encontradas na água, significam a presença de esgotos domésticos, podendo conter microorganismos causadores de doenças (Mota, 1997). Os coliformes fecais integram um grupo de bactérias originárias do trato intestinal humano e de outros animais.

Pode-se verificar que todos os pontos de coleta da água do Arroio Cadena os índices bacteriológicos obtiveram resultado positivo, apresentando coliformes fecais e coliformes totais, porém, alguns pontos com valores superiores a indicação do medidor. Assim, teve-se a comprovação da existência de bactérias do grupo coliformes em todos os pontos de coletas, bem como em todas as amostras coletadas e posteriormente analisadas.

A faixa de concentração de coliformes totais varia de 4.200 NMP/100ml a 240.000 NMP/100ml, registrando uma média de 122.100 NMP/100ml (Figura 17).

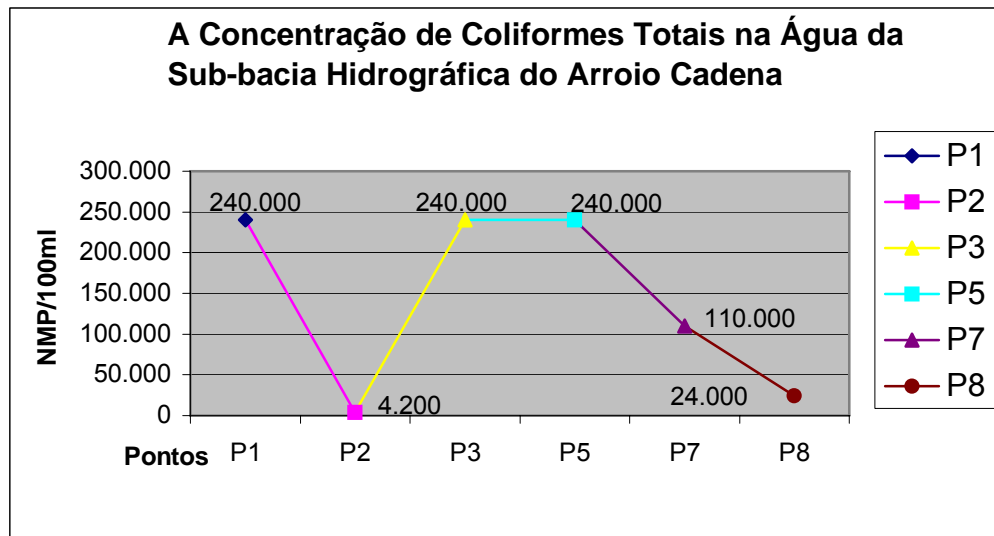


Figura 17 – Faixa de concentração de coliformes totais (NMP/100ml)

Fonte: Laboratório do Departamento de Saúde da comunidade, do Centro de Ciências da Saúde, na Universidade Federal de Santa Maria, realizadas em 05-04-05
Org: REIS, Janete Teresinha.

De acordo com a análise do número mais provável de coliformes totais, a água apresentou em determinados pontos um número superior a 240.000 NMP/100ml demonstrando elevada contaminação (anexo 2). Ressalta-se que os coliformes totais constituem um grande grupo de bactérias encontradas na água, no solo, e em fezes de seres humanos e de outros animais de sangue quente.

O ponto dois possui um teor menos significativo, isto é, o menor valor corresponde a 4.200 NMP/100ml e o ponto 8 (no leito médio do Arroio Cadena) de menor valor compreende 24.000 NMP/100ml. Neste sentido, o ponto 2 localizado próximo a Igreja Santa Catarina se aproxima da classe 2 que segundo com o CONAMA, resolução nº 20/86, atende os parâmetros limites da água desta classe (Mota, 1997, p.106).

Tendo em vista, a presença excessiva de coliformes totais, a água do Arroio Cadena no trecho estudado não pode ser usada para nenhum fim, e sim requer recuperação imediata do ecossistema aquático, tendo como medidas cabais o tratamento de esgoto antes de ser lançado no arroio, a fiscalização e notificação das ligações clandestinas do despejo de esgoto familiar de forma *in natura* dentro do Arroio.

Os pontos um, três e cinco são os de maiores índices de coliformes totais e de coliformes fecais. Partindo deste pressuposto, a água do Arroio Cadena está totalmente comprometida, exigindo atenção dos órgãos públicos, devido a

observação da inexistência de seres vivos na água, e o domínio de organismos bacteriológicos. Ainda merece destaque que os pontos de maior concentração de coliformes totais e fecais são eminentemente urbanos. O menor índice de coliformes fecais observou-se no ponto 8 com 2.200/ml, este fato se deve por ser uma área rural, acrescida de campos, porém com a presença de gado e o esgoto já está mais diluído. A água deste ponto serve para o abastecimento do gado de uma propriedade um uso menos exigente em relação a qualidade da água.

A faixa de variação da concentração de coliformes fecais foi entre 2.200 NMP/100ml e 240.000 NMP/100ml, determinando uma média de 121.100 NMP/100ml (Figura 18).

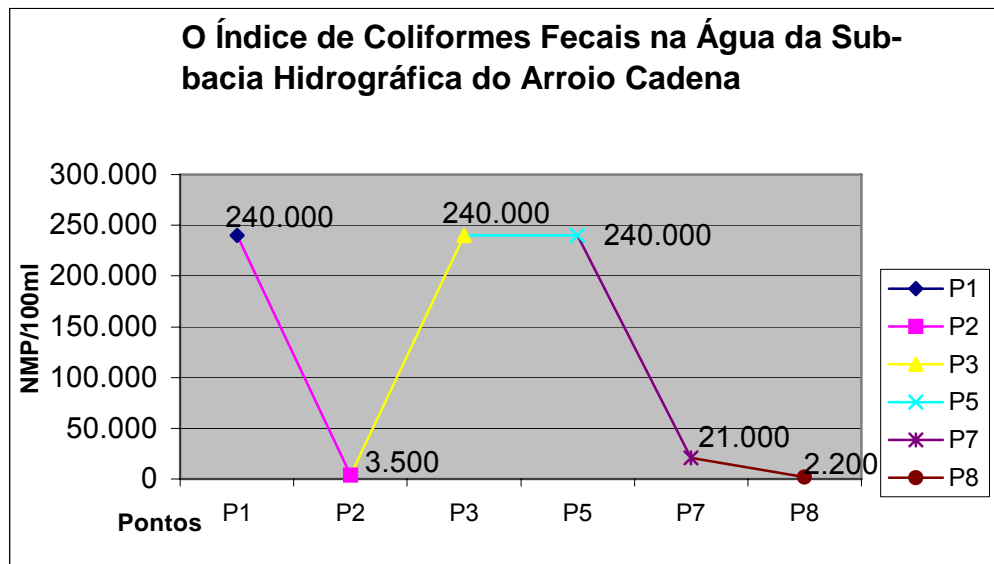


Figura 18 – Faixa de variação da concentração de coliformes fecais (NMP/100ml)

Fonte: Laboratório do Departamento de Saúde da comunidade, do Centro de Ciências da Saúde, na Universidade Federal de Santa Maria, 05-04-05.
Org: REIS, Janete Teresinha.

O ponto 2 da coleta de água apresentou 3.500 NMP/ml de coliformes fecais, caracterizando o segundo ponto de menor índice de coliformes fecais. Este se localiza próximo a Igreja Santa Catarina e é proveniente de uma nascente com presença de floresta na parte superior do ponto de coleta. De maneira geral, observou-se a tendência de diminuição dos valores de coliformes fecais a jusante do arroio, pela diminuição da área urbanizada e, portanto, menos carga poluidora e já mostrando sinais de diluição.

Todas as variáveis analisadas são importantes demonstrativos e indicadores da qualidade da água e dos índices de poluição e contaminação de todo o ecossistema aquático, abrangendo a flora e a fauna na sua área de influência, até a inter-relação dos elementos do uso e da ocupação da terra dentro de uma sub-bacia.

A cada trecho do arroio encontram-se zonas mais críticas de poluição da água e zonas menos críticas, porém merece destaque pontos de lançamento de esgoto de forma *in natura*. Esta zona clama por maiores investimentos e esclarecimentos, por se tratar de moradores que lançam o esgoto diretamente no arroio pela falta de infra-estrutura e por carecerem de informações, e geralmente por serem moradores menos esclarecidos dentro da sociedade. Este fato demonstra a necessidade de uma educação ambiental em todos os níveis, principalmente aos adultos.

5.1.4 Variáveis, indicadoras de qualidade física: segunda coleta

A faixa de variação da CE foi de 93,4 a 541 $\mu\text{S}/\text{cm}$ apresentando um valor médio de 323 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta faixa de variação foi semelhante a da primeira campanha 119,1 a 520 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e média 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando que não houve alteração significativa neste parâmetro nas duas coletas, nos meses abril e maio de 2005.

A condutividade elétrica pesquisada nos oito pontos amostrais apresentaram uma variação constante. Pois, o primeiro ponto amostral possui 541 $\mu\text{S}/\text{cm}$, caracterizando-se o mais elevado. O ponto amostral 4 apresenta menor teor de condutividade elétrica de 93,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, seguido pelo ponto 2 que registrou 208 $\mu\text{S}/\text{cm}$, demonstrando um dos menores índices de poluição dos pontos amostrais (Figura 19).

Os elevados valores de condutividade elétrica presentes na água indicam a presença de sólidos dissolvidos na água, auxiliado pelo baixo volume de chuva precipitado entre os dias sete até o dia da coleta de água, segundo o Instituto de Meteorologia da UFSM correspondeu a 39,6 mm (anexo 3). Portanto, sugerem baixa diluição das cargas de esgotos *in natura* no trecho estudado.

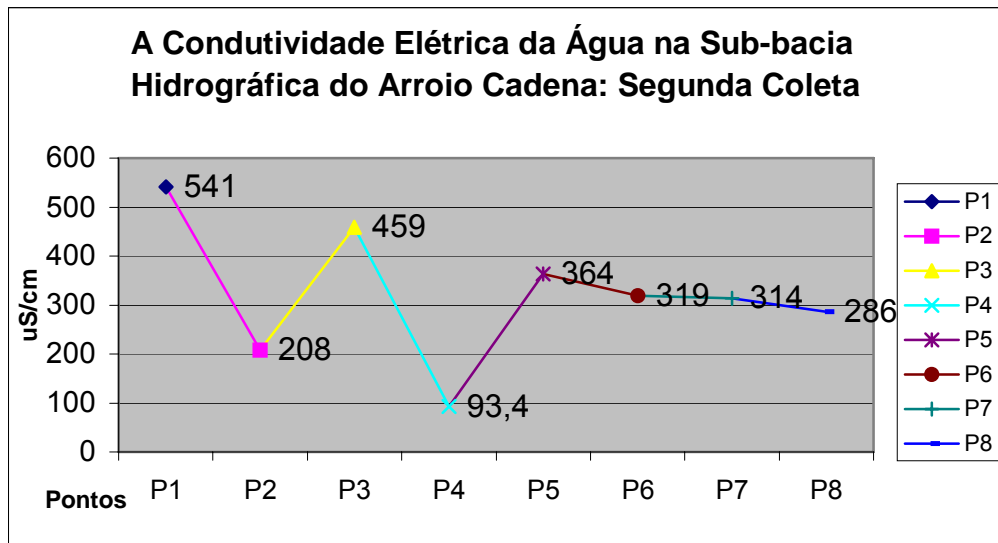


Figura 19 – Faixa de variação da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Fonte: Trabalho de Campo, Santa Maria, 10-05-05.

Org: REIS, Janete Teresinha.

Os pontos mais relevantes em relação a CE correspondem aos 1, 3 e 5 marcados pela presença de resíduos sólidos e pelo lançamento de esgoto dentro do arroio. No ponto 1 há elevada presença de coliformes fecais e totais registrados, o que possibilita inferir que o elevado teor de condutividade elétrica está diretamente ligada ao lançamento de esgoto dentro do arroio. Sendo, portanto, neste ponto, o lançamento de esgoto de forma *in natura* o principal fator que influencia. Em contrapartida, o ponto 4 em decorrência das chuvas precipitadas, sofreu grande variação e elevação, se comparado a primeira coleta realizada.

O ponto 4 merece destaque, por apresentar o menor valor de condutividade elétrica e por ser uma nascente do Arroio Cadena, portanto pouco alteradas as condições naturais (Figura 20). Este ponto é interceptado durante o período de veraneio tornando-se um balneário recreativo na porção norte do município. Desta forma, além da água ter sua origem na floresta, sofre pequena ação antrópica, devido seus fins recreativos, podendo colocar sólidos em suspensão.



Figura 20 - Ponto amostral 4 na Chácara das Flores ao norte da área urbana de Santa Maria, RS.

Fonte: Trabalho de Campo, Santa Maria – RS, 10-05-05.
Org: REIS, Janete Teresinha.

A água originária da floresta tem sua “riqueza” por apresentar indicadores de qualidade da água, onde os aspectos físicos, químicos e biológicos apresentam ausência de poluição, onde a cor, a turbidez, a temperatura, o sabor e o odor são registros vivos da pureza da água. Porém, o homem muitas vezes quebra esse equilíbrio ao usufruir de forma imatura, irresponsável, interceptando-a em seu benefício, principalmente por se tratar de um recurso natural que carece de qualidade para o consumo humano.

A faixa de variação da temperatura da água foi entre 17,5 a 19,7°C semelhante a campanha de abril. Comparando-se as figuras 13 e 21 nota-se que há uma perfeita sobreposição das linhas, indicando que não houve alteração neste indicador. A estabilidade da temperatura da água nos pontos deve-se a presença de floresta como enfatizado anteriormente. Porém, no ponto 3 registrou a temperatura mais elevada com 19,7°C, e nos pontos 2 e 4 a menor temperatura de 17,5°C (Figura 21).

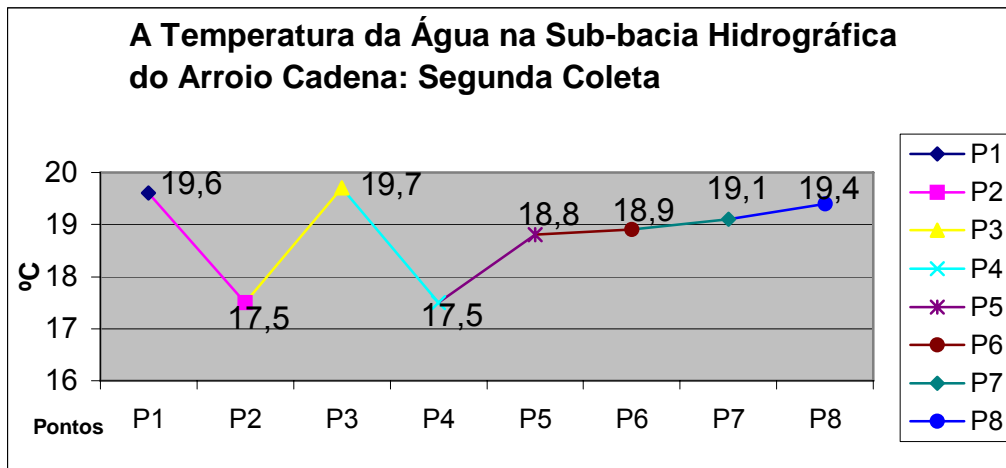


Figura 21 – Faixa de variação da temperatura da água (°C)

Fonte: Trabalho de Campo, 10-05-05.

Org: REIS, Janete Teresinha.

Os pontos 1 e 3, além de apresentarem a temperatura mais elevada, neles observam-se elevada poluição da água resultante do acúmulo de lixo comumente encontrado dentro e nas zonas ribeirinhas do leito fluvial, (Figura 22).



Figura 22 - Ponto amostral 1 na Rua Silva Jardim área urbana de Santa Maria, RS.

Fonte: Trabalho de Campo, REIS, Janete Teresinha, 10-05-05.

A temperatura do ar aumentou progressivamente no decorrer da coleta, e, no entanto, a temperatura da água apresentou pequenas variações, este fato sublinha a influência de outros elementos presentes na água. Entre os fatores responsáveis, pode-se ressaltar a presença de coliformes fecais e coliformes totais, os índices de salinidade, relacionados aos teores de particulados, também a presença de florestas nas margens que afetam a luminosidade a insolação e a temperatura da água.

A temperatura do ar manteve-se entre 22 e 27,5°C, no período da coleta das amostras de água uma média de 24,75°C. Em comparação com a primeira coleta, registrou-se um aumento da temperatura de aproximadamente 1,5C°, (Figura 23).

O total de sólidos dissolvidos na água, apresenta menor índice no ponto 4 com 44 mg/L e maior índice no ponto 1(anexo 4). Com relação as variáveis analisadas até o presente momento, o ponto um caracteriza-se como um dos pontos mais críticos quanto ao índice de poluição e o ponto quatro como menos crítico.

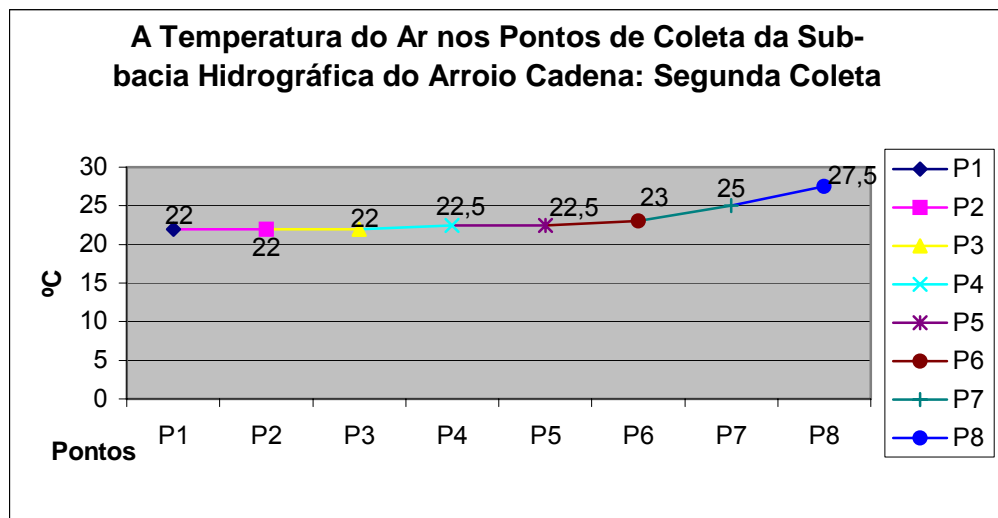


Figura 23 – Faixa de variação da temperatura do ar (°C)

Fonte: Trabalho de Campo, 10-05-05.

Org: REIS, Janete Teresinha.

A presença de sólidos dissolvidos na água apresentou variabilidade entre 44 mg/L a 260 mg/L, onde os pontos 1, 3 e 5 foram os mais críticos, tanto na primeira quanto na segunda campanha da coleta. Salta aos olhos que a condutividade elétrica também apresentou maior concentração nestes pontos de coleta nas duas campanhas realizadas.

A faixa de variação da concentração de sólidos dissolvidos foi entre 260 e 44 mg/L, registrando uma média de 152 mg/L (Figura 24).

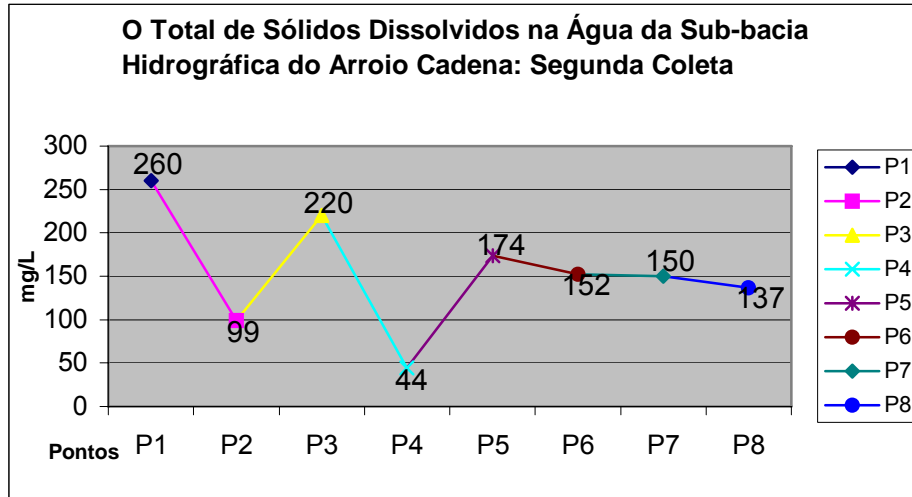


Figura 24 – Faixa de variação da concentração do total de sólidos dissolvidos (mg/L)

Fonte: Trabalho de Campo, Santa Maria, 10-05-05.

Org: REIS, Janete Teresinha.

Os índices de sólidos em suspensão, observados na segunda coleta foram em média inferiores aos da primeira coleta, comparando-se as figuras 16 e 25. O primeiro ponto o maior índice de sedimentos em suspensão com 284 mg/L não apresentou esta tendência. Este fato pode estar relacionado, em parte, ao volume de chuva precipitado antes da coleta, demonstrando que o ponto 1 foi o mais afetado pela precipitação pluvial. Porém, no dia 7 de maio três dias antes da coleta ocorreu a precipitação de 31,2 mm e dia 8 o equivalente a 0,3 mm. No dia 10 registrou-se 8,1 mm de chuva, esta ocorreu em pequena quantidade no início da manhã e em maior proporção após a coleta de água no período da tarde.

A faixa de variação da concentração do total de sólidos em suspensão foi entre 284 mg/L e 14 mg/L perfazendo uma média de 149 mg/L (Figura 25).

Além disso, no ponto amostral 1, há construção de casas nas zonas ribeirinhas do Arroio Cadena, cujas residências carecem de saneamento básico, evidenciando o lançamento de esgoto dentro do leito fluvial, além do lançamento de lixo sólido e outras impurezas, que alteram a qualidade natural das águas.

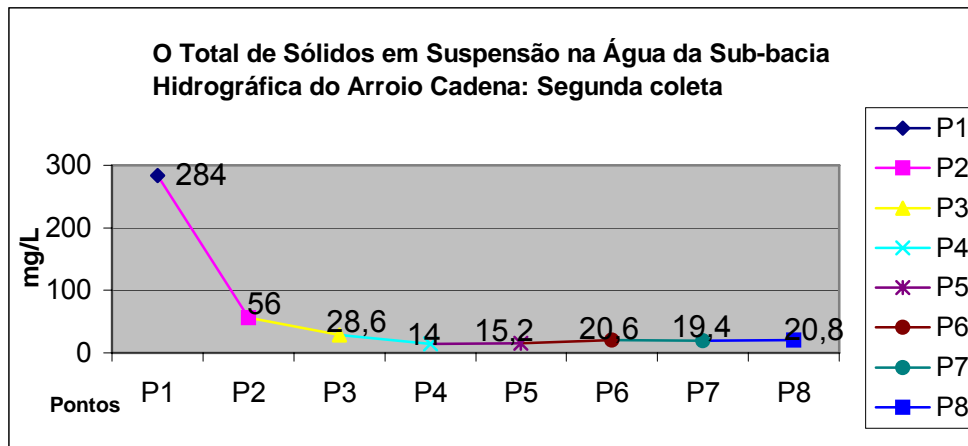


Figura 25 – Faixa de variação da concentração do total de sólidos em suspensão (mg/L)

Fonte: Trabalho de Campo, Santa Maria, 10-05-05.
Org: REIS, Janete Teresinha.

5.1.5 Variáveis indicadoras de qualidade química: segunda coleta

A faixa de variação do pH da água foi entre 6,79 a 7,50 indicando serem levemente ácidas a neutras. Assim, o pH registrado nos pontos amostrais do Arroio Cadena apresentam-se dentro das normas abordadas pela resolução nº 20/86 do CONAMA e 353/2005. Sendo que o ponto um é o mais expressivo, apresentando o maior índice de pH, seguido do ponto 3. Os valores alcançados correspondem a 7,7 e 7,42 de pH seqüencialmente. O menor índice de pH observado foi no ponto 2, apresentando 6,79 (Figura 26).

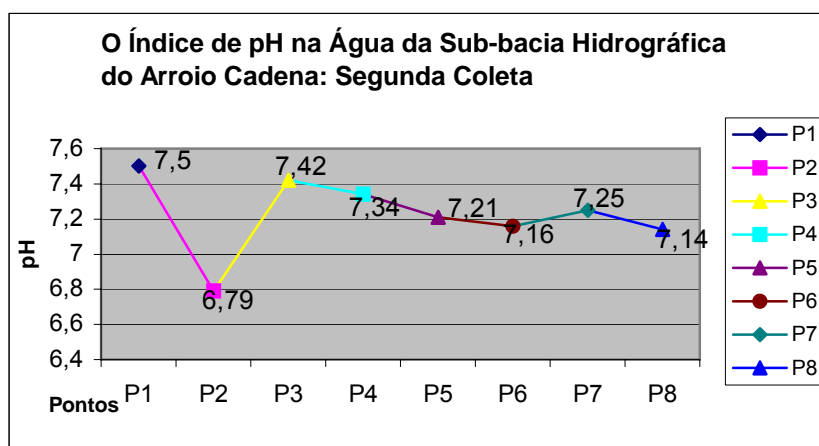


Figura 26 - Faixa de variação do pH da água
Fonte: Trabalho de Campo, Santa Maria, 10-05-05.
Org: REIS, Janete Teresinha.

Levando-se em consideração, a resolução nº 20/86 do CONAMA, que estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, diretos ou indiretamente, nos corpos de água, desde que obedecem às condições de pH entre 5 e 9, com relação a este parâmetro, eles estão enquadrados nesta faixa. Salienta-se que estas águas não estão sendo usadas no abastecimento público apenas animal no ponto 8.

5.1.6 Variáveis indicadoras de qualidade bacteriológica: segunda coleta

A faixa de variação do número mais provável de coliformes totais foi entre 460 a 240.000 NMP/100ml. Assim, tem-se no ponto 1 seu maior registro com índice superior a 240.000/100ml (anexo 5), seguido pelos pontos 2 e 3. No ponto 4 não foi realizada comparação, em virtude do índice de coliformes totais não ter sido verificado na primeira análise. Teve-se a preocupação de realizar esta análise em todos os pontos de coleta da água para averiguar a presença de coliformes totais e coliformes fecais.

Os pontos 2 e 3 registraram um valor elevado de coliformes totais 110.000/100ml. O ponto 4 apresentou o menor registro de coliformes totais se comparado com as demais análises realizadas. Este se caracteriza no menor índice de poluição entre os analisados (Figura 27).

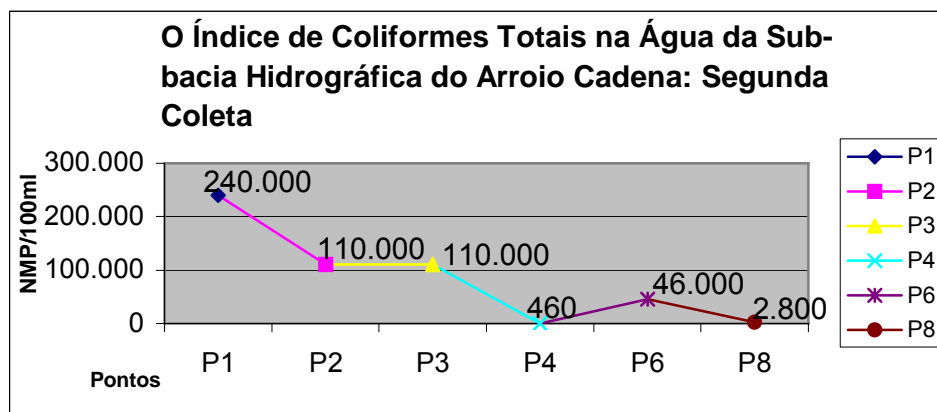


Figura 27 – Faixa de variação de coliformes totais (NMP/100ml)

Fonte: Laboratório do Departamento de Saúde da comunidade, do Centro de Ciências da Saúde, na Universidade Federal de Santa Maria, realizado 10/05/05

Org: REIS, Janete Teresinha.

A faixa de variação da concentração de coliformes fecais foi entre 240.000 e 460 NMP/100ml, apresentando uma média de 120.230 NMP/100ml.

O menor índice de coliformes fecais, também foi observado no ponto 4 com 75 NMP/100ml, avaliados segundo CONAMA resolução nº 20/86 como classe 1 por apresentar menos de 200 (NMP/100ml). Neste ponto a qualidade da água pode ser considerada boa a uso recreativo no período de verão.

O maior índice corresponde ao primeiro ponto, o qual é superior a 240.000 NMP/100ml, (Figura 28) que pelo CONAMA, está seguindo a classe 8, mesmo superando o valor abordado por este órgão. A água desse ponto apresenta elevado índice de contaminação, merecendo cuidados especiais.

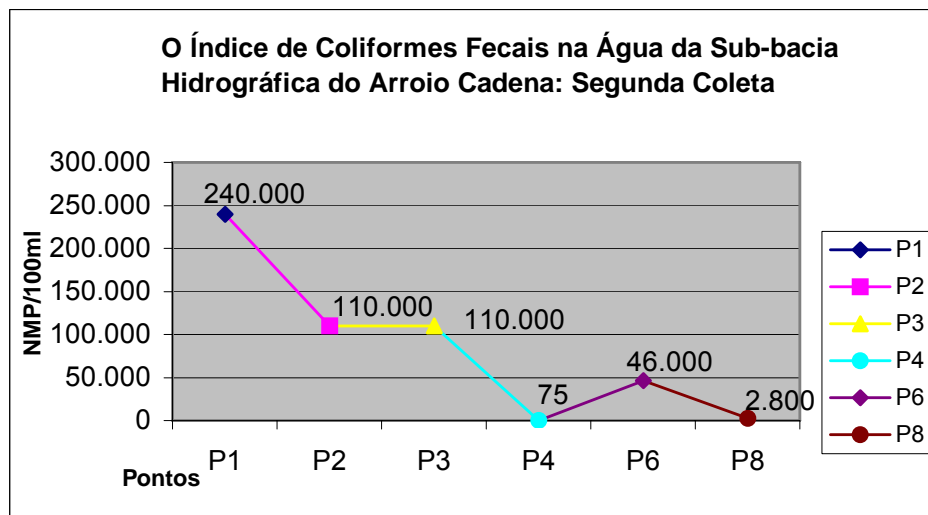


Figura 28 – Faixa de variação dos coliformes fecais (NMP/100ml)

Fonte: Laboratório do Departamento de Saúde da comunidade, do Centro de Ciências da Saúde, na Universidade Federal de Santa Maria, realizado 10/ 05/05.
Org: REIS, Janete Teresinha.

Os pontos 5 e 7 não foram amostrados em função da falta de auxílio, uma vez que não tive condições financeiras de prosseguir o pagamento das amostras de água.

CAPÍTULO 6

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO AMBIENTE TERRESTRE NO ECOSSISTEMA AQUÁTICO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA - RS

O presente capítulo aborda as temáticas do ambiente aquático e do ambiente terrestre, tendo em vista, a inter-relação destes elementos. O uso da terra influencia e está diretamente relacionado com a qualidade da água, para tanto, analisou-se as variáveis limnológicas e bacteriológicas relacionado-as com o tipo de uso da terra na área de captação de cada ponto de coleta de água.

6.1 Ponto Amostral 1

O valor mais elevado de condutividade elétrica foi identificado neste ponto amostral, apresentando uma média de 530,5 $\mu\text{S/cm}$. Este fato se deve principalmente pelo uso da terra do tipo urbanizada, compreendendo 91,93% de sua área ocupada (Figura 29). A condutividade elétrica, também, está relacionada a quantidade de sólidos dissolvidos na água. Neste aspecto, influencia a ausência de florestas, as quais servem como tipo de filtro dos sólidos até o arroio, diminuindo o escoamento superficial e a erosão.

As pessoas que habitam e usufruem a infraestrutura urbana estão causando sérios impactos ao ecossistema aquático, em função do lançamento de esgoto e lixo dentro do arroio, o qual está poluindo o ambiente e contaminando a água.

As formas de uso da terra podem influenciar também na temperatura da água, haja visto, que a tolerância térmica máxima e mínima da água responde pela sobrevivência dos seres vivos desse ecossistema. No ponto 1 a temperatura manteve-se estável, sem grandes variações. Já o total de sólidos dissolvidos foi confirmado como o mais elevado nas duas coletas, registrando uma média de 255 mg/L.

MOSAICO

Figura 29 – Panorama das bacias de captação do ambiente aquático e terrestre da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena.

Fonte: Trabalho de campo e Imagem Ladsat 7 de 13-08-02, às 8h 57 seg.
Org: REIS, Janete Teresinha.

Nesta área de captação, o uso da terra do tipo campo é pouco expressivo de aproximadamente 8% e ha a ausência total de floresta. Estes tipos de uso da terra podem auxiliar na retenção, absorção e infiltração da água das chuvas. Porém, a ausência de florestas causa um desequilíbrio ao ecossistema aquático e ao ecossistema terrestre.

O Total de sólidos em suspensão, identificado na primeira coleta apresentou o valor de 64,4 mg/L e na segunda coleta, em ocorrência da chuva minutos antes da coleta, identificou-se o valor de 284 mg/L, seu aumento foi considerável em relação a primeira coleta, pois a chuva permitiu o transporte de sólidos no arroio contribuindo na sua evolução.

O pH analisado neste ponto, também é o mais elevado, mas dentro das normas exigidas pelo CONAMA, resolução 20/86. As análises do número mais provável de coliformes fecais e totais, registram o ponto 1 como um dos maiores valores, confirmando o lançamento de esgoto pelos moradores da área urbanizada, principalmente pelos moradores das margens do arroio. Pois, foram observadas no local diversas residências sem tratamento de esgoto (Figura 30).



Figura 30 – Lançamento de esgoto de forma *in natura* entre os pontos 6 e 7 na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena.

Fonte – Prefeitura Municipal de Santa Maria
Org: REIS, Janete Teresinha.

O tipo de uso da terra que principalmente influencia no ecossistema aquático deste ponto, é a área urbanizada (Tabela 7), somada a ação antrópica, auxiliada pelas condições sócio-econômicas. Estes fatores influenciam de tal forma que este ponto apresenta: maior condutividade elétrica, presença do número mais provável de

Tabela 7 – O Percentual de uso da terra em cada ponto de captação

Pontos de coleta de água	% de uso da terra em área urbanizada	% de uso da terra em campo	% de uso da terra em floresta
P1	91,93	8,07	0
P2	61,65	19,93	18,42
P3	72,7	17,56	9,74
P4	13,55	23,50	62,95
P5	55	25	19,78
P6	44,61	39,95	15,44
P7 ⁺	47,78	40,12	12,05
P8*	41,29	50,13	8,17

Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002.

Org: REIS, Janete Teresinha

coliformes fecais, coliformes totais, pH, entre outros. Determinando dessa forma, um dos pontos onde as características originais da água foram as mais afetadas. Estas variáveis permitem afirmar que os tipos de uso e ocupações da terra estão sendo de forma inadequada, nessa área de captação.

6.2 Ponto Amostral 2

O tipo de uso da terra identificada por área urbanizada é significativo nesta área de captação, registrando mais da metade da área (Tabela 7). A condutividade elétrica ficou entre, os menores valores, comparando com os demais pontos de coleta. Este fato pode ser atribuído pela presença de campo e floresta que

⁺ A água correspondente a açudes é de 0,17%.

* A agricultura é de 0,005% e a água correspondente a açude de 0,65%.

possibilitam a diminuição de escoamento superficial da água, em virtude de oferecer uma maior capacidade de infiltração da água da chuva, influenciando positivamente.

As temperaturas da água e do ar mantiveram-se sem grandes variações. Levando em consideração o uso da terra, pode-se inferir que a nascente do ponto de coleta está protegida por floresta e campo.

O valor do total de sólidos dissolvidos, caracteriza-se o segundo menor valor computado em ambas as coletas, uma média aproximada de 91 mg/L, enquanto o total de sólidos em suspensão foi confirmado como um dos pontos de menor valor, registrando, portanto, em ambas as coletas 56 mg/L. O pH analisado, deixa claro que o referido ponto apresenta o menor valor entre todos os pontos de coleta.

O número mais provável de coliformes fecais e o número mais provável de coliformes totais analisados na primeira coleta estão entre os pontos de menor valor (3.500 NMP/100ml e 4.200 NMP/100ml, sucessivamente). A segunda coleta apresentou índices elevados (110.000 NMP/100ml) em ambas as variáveis analisadas. O aspecto que influenciou na diminuição da qualidade da água foi o despejo de esgoto dentro do arroio aumentando o índice de coliformes fecais e totais.

As formas de uso e ocupação da terra influenciam nas condições físicas, químicas e bacteriológicas da água, e tendo as nascentes protegidas por floresta diminui as condições de escoamento de sedimentos para dentro do leito fluvial, reduzindo, desta forma a presença de sólidos dissolvidos, como também a presença de sólidos em suspensão.

No entanto, a chuva é o agente natural responsável no transporte das partículas até as partes inferiores das vertentes, que acabam desembocando no leito do rio. O homem é o principal agente modificador das condições químicas e bacteriológicas da água, além de ser intermediador no aceleração da modificação das condições físicas da água. Com base nas variáveis analisadas o ponto 2 se constitui em um dos menos críticos do Arroio Cadena, porém merece atenção, pelo registro de valores díspares, quanto ao índice de coliformes fecais e coliformes totais, entre a primeira e a segunda coleta de água.

6.3 Ponto Amostral 3

No ponto 3, leva-se em consideração o uso e ocupação da terra dos pontos 1, 2, além da área de influência do próprio ponto de coleta. Os pontos 1 e 2 influenciam modificando as características originais da água do ponto 3, uma vez que o domínio do tipo de uso pode interferir positivamente ou negativamente na sua modificação. Tendo em vista sua área de captação, a forma de uso da terra que mais contribui no estado atual da água é a área urbanizada, com 72,7% (Tabela 7).

A forma de uso e ocupação da terra, nesta área de influência possibilita que partículas de sólidos dissolvidos nos pontos 1 e 2 sejam transportados a jusante do leito principal, atingindo o ponto 3, uma vez que o total de sedimentos dissolvidos, neste ponto apresentou índices elevados de 231 mg/L na primeira coleta e 220 mg/L na segunda coleta.

A condutividade elétrica apresentou-se elevada, sendo o segundo ponto de maior valor registrado. Pelo fato, do ponto 1 apresentar o maior valor de condutividade elétrica e o ponto 2 um dos menores índices e, o ponto 3 por receber água destas duas nascentes, pode ter sofrido diminuição, pela homogeneização da água, mesmo assim, permaneceu com média aproximada de 470 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

O tipo de uso e ocupação da terra com floresta e campo amenizaram o deslocamento de sólidos dissolvidos para dentro do leito fluvial. Observa-se que na margem direita do leito fluvial, a sub-bacia encontra-se mais protegida por florestas e campos em comparação da margem esquerda. Os sólidos registrados no ponto 3 tiveram grande contribuição do ponto 1, pelo fato das margens estarem desprovidas de florestas, facilitando o solapamento do leito fluvial. A temperatura da água não sofreu grandes variações.

O número mais provável de coliformes fecais são elevados, o mesmo percentual do ponto 1 (240.000 NMP/100ml), isso referente a primeira coleta. A segunda também apresentou um número elevado de coliformes fecais e totais (110.000 NMP/100ml), isso resulta pela falta de saneamento básico e pelo lançamento do esgoto diretamente no Arroio.

Na área urbanizada, ocorre uma grande concentração de população de várias condições sócio-econômicas. O centro urbano possibilita melhores condições de infraestrutura, e nas periferias carecem de saneamento básico, infraestrutura etc. Na área de estudo, grande parte da população da periferia se concentra nas

proximidades do leito principal do Arroio Cadena. Isso justifica o elevado percentual de coliformes fecais e totais presentes na água, agravado pela ausência de redes de esgoto cloacal, tornando esta área uma das mais críticas.

6.4 Ponto Amostral 4

As principais formas de uso e ocupação da terra do ponto 4 constituem-se de floresta, com mais de 60% da área de captação. Destaca-se que este ponto não faz parte das áreas de captação 1, 2 e 3, veja (Figura 29). A floresta é a principal responsável pela qualidade da água neste local com um percentual de 62,95% de cobertura florestal. Nesta área de captação constatou-se o menor teor de condutividade elétrica entre todos os pontos (119 e 44 $\mu\text{S}/\text{cm}$), um dos menores índices de temperatura da água, um dos menores valores do total de sólidos dissolvidos, dos sedimentos em suspensão, do número mais provável de coliformes fecais e totais. O pH apresentou valores dentro dos padrões exigidos pelo Conama.

A área urbanizada neste ponto abrange 13,55%, ressaltando que o ponto localiza-se a jusante do balneário da chácara das Flores. A montante do balneário encontra-se cobertura florestal que serve como filtro purificando a água.

O campo é encontrado próximo ao divisor de água da sub-bacia, na porção norte de Santa Maria. Este uso abrange aproximadamente 23% e auxilia na infiltração da água no subsolo.

Neste ponto, a água é caracterizada como “limpa” em comparação com os demais pontos onde foi realizada a análise da água dentro da sub-bacia. Através deste ponto, pode-se comprovar que as nascentes dos rios protegidos pela cobertura florestal permitem água de boa qualidade.

Portanto, os índices elevados evidenciam uma alteração da qualidade natural, causando impacto ambiental, tanto visual quanto quantitativa (Resolução, 20/86).

6.5 Ponto Amostral 5

O ponto amostral 5 recebe influência dos ambientes terrestre e aquático dos pontos a sua montante, ou seja 1, 2, 3, e 4. Partindo deste entendimento, a

concentração da cobertura florestal localiza-se ao norte da nascente. O tipo de uso da terra dominante é o urbanizado com aproximadamente 55%, cujas moradias localizam-se às margens do Arroio. Essa ocorrência contribui para que este ponto seja um dos mais críticos em relação aos parâmetros avaliados.

A condutividade elétrica neste ponto é o terceiro mais elevado apresentando uma média de 357 $\mu\text{S}/\text{cm}$, as temperaturas da água e do ar sem grandes alterações, o total de sólidos dissolvidos apresentou uma média de 170,5 mg/L, também foi o terceiro mais elevado. O total de sólidos em suspensão foi elevado na primeira coleta de 286,2 mg/L e o índice bacteriológico muito elevado. O índice bacteriológico registrado neste ponto foi de 240.000 NMP/100ml o valor mais elevado. Atingiu este índice também os pontos 1 e 3.

A cobertura florestal da porção norte, margem direita da sub-bacia encontra-se em torno de 20% (Tabela 7), mas o principal problema é o uso da terra para fins urbanos atingindo uma ocupação as margens do leito fluvial, permitindo que o homem despeje dejetos humanos dentro do arroio. Tendo em vista, a montante da área de influência, o ponto 4 contribui para amenizar o índice de coliformes fecais e coliformes totais da água, todavia para a surpresa, esse índice foi o mesmo registrado nos pontos 1 e 3, ou seja, o mais elevado (240.000 NMP/100ml). Cabe ressaltar que este índice é o máximo suportado pelo medidor desta variável.

Os campos, também, se localizam na porção norte da área de estudo, em torno de 25% o que evidencia a presença da pecuária. Outro elemento que pode influenciar no elevado número de coliformes fecais e totais, é a liberação dos dejetos pelos animais, nas proximidades do ponto de coleta e em função da declividade do terreno são transportados até o leito do rio.

6.6 Ponto Amostral 6

O ponto amostral 6 recebe influência dos ambientes terrestre e aquático das áreas de captação dos pontos 1, 2, 3, 4, e 5. O tipo de uso da terra que mais influência na qualidade da água é a área urbanizada com 44,61% e também merece destaque a área coberta por campos, 39,95% . A floresta apresentou 15,44% da área da bacia de captação. O uso da terra por campo indica a presença da pecuária.

Este uso pode ser destacado na margem direita do Arroio Cadena.

A floresta se destaca na margem direita da sub-bacia e a margem esquerda do arroio está praticamente toda urbanizada. As florestas e campos permitem que o valor da condutividade elétrica, a temperatura da água, do total de sólidos dissolvidos e o pH sejam amenizados, provavelmente.

A ação antrópica da margem esquerda do arroio influencia no número mais provável de coliformes fecais e no número mais provável de coliformes totais que o arroio apresenta. Portanto, acima dos padrões recomendados pelo Conama. O total de sedimentos em suspensão foi o mais elevado na primeira coleta de água. Acredita-se que haja interferência humana, tendo em vista que parte do leito do arroio apresentou coloração avermelhada, identificando forte presença de sedimentos.

As habitações da margem esquerda do arroio carecem de saneamento básico e lançam o esgoto direto no Arroio. Neste local, a prefeitura Municipal de Santa Maria realizou a relocação das famílias previamente cadastradas pelo projeto Habitar Brasil, para a Vila Maringá. Porém, novas famílias vieram e se instalaram nas margens do Arroio, além das famílias que se formaram após o cadastro. Atualmente, algumas famílias continuam reivindicando a relocação para a Vila Maringá, enquanto outras não se adaptaram e voltaram a fixar residência nas margens do Arroio, poluindo-o, tornando-se um problema complexo.

No entanto, o tipo de uso da terra por campo e floresta contribui amenizando os índices de poluição do ecossistema aquático, por outro lado, a população vem a somar no aumento dos índices de poluição do ecossistema aquático gerando conflitos de uso e ocupação do solo.

6.7 Ponto Amostral 7

A o tipo de uso e ocupação da terra que mais influencia no ecossistema aquático é a área urbanizada com 47,78%, visto que sua área de captação abrange os pontos 1, 2, 3, 4, 5, e 6. Outro uso da terra de destaque é o campo com aproximadamente 40%, e a floresta é pouco expressiva de 12,05% (Tabela 7). Neste ponto, registrou-se açudes com 0,17 % da área ocupada.

A influência do uso da terra em relação as seguintes variáveis: condutividade elétrica, temperatura da água, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, pH, número mais provável de coliformes totais e número mais provável de coliformes fecais, pode-se afirmar que a água apresenta-se contaminada. O uso do termo “contaminação” se justifica pelo índice de coliformes fecais e coliformes totais identificados, que estão acima dos padrões exigidos pelo Conama.

O uso de campo permite o desenvolvimento da pecuária como fonte de renda o que pode ser evidenciado dentro do ponto 7. As gramíneas, além, de servir de alimento para o gado auxiliam na retenção do solo e na infiltração da água da chuva no subsolo, dificultando o transporte de sedimentos até o leito do rio, diminuindo desta forma, o índice de sólidos dissolvidos na água e o total de sólidos em suspensão. Mas, por outro lado, os dejetos excessivos contribuem no aumento dos índices de coliformes fecais e totais da água do arroio.

6.8 Ponto Amostral 8

A área de captação em análise é a única em que ocorrem os 5 tipos de uso da terra e abrange toda a bacia de captação a sua montante, ou seja desde o ponto 1 até o ponto 8. Esta bacia de captação contempla os seguintes tipos de uso da terra: área urbanizada, florestas, agricultura, campo e água indicando açudes. Todos os usos da terra influenciam no ecossistema aquático da área em estudo.

O tipo de uso da terra que se destaca é o campo com 50,13%, a única bacia de captação, onde o referido uso supera a área urbanizada. Porém, a área urbanizada ocupa 41,29% da área total (Tabela 7).

A condutividade elétrica analisada neste ponto é um dos menores valores computados, a temperatura da água em relação a temperatura do ar não apresentou grandes variações, o total de sólidos dissolvidos é elevado, assim como o total de sedimentos em suspensão. O pH está dentro dos padrões recomendados pelo CONAMA e o índice de coliformes fecal é o segundo menor valor. Além, do índice de coliformes totais que na primeira coleta de água esteve elevada em comparação a segunda coleta.

O ponto 8 recebe influência do uso e da ocupação da terra de todos os pontos analisados na sub-bacia, no entanto, caracteriza-se como um dos pontos menos críticos quanto ao índice de contaminação do ecossistema aquático. O uso da terra a fins agrícolas não interfere muito no ecossistema por ser pouco expressiva.

Diante da análise referente a influência das formas de uso e ocupação da terra sobre o ecossistema aquático da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, percebeu-se que os pontos 1, 2 e 3 apresentaram os maiores índices de contaminação da água. Este fato pode ser observado pelo elevado teor de condutividade elétrica, dos sólidos dissolvidos, dos sólidos em suspensão, do pH, do número mais provável de coliformes totais e do número mais provável de coliformes fecais, presentes na água. Estes índices são oriundos dos usos e ocupações inadequadas da terra. No entanto, estes três pontos, foram caracterizados os mais críticos quanto ao índice de contaminação.

Em suma, pode-se afirmar que o principal tipo de uso da terra que influencia no ecossistema aquático é a classificada como “área urbanizada”, a qual, destaca-se em quase todas as áreas de captação, exceto na bacia de captação 4, onde predomina a floresta e na bacia de captação 8, onde ressalta o campo.

CAPITULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena encontram-se áreas frágeis e áreas críticas, onde se percebe um descontrole quanto ao uso e a conservação dos recursos naturais, em virtude do impacto causado pela deposição de material sólido, além do despejo de outros produtos altamente poluidores ao ecossistema aquático.

O uso inadequado, a destruição dos recursos naturais, e a poluição dos recursos hídricos contribuem para o elevado percentual de contaminação na sub-bacia em estudo. Ela banha grande parte da área urbana onde há moradores nas margens lançando esgoto diretamente no arroio agravando a contaminação do leito fluvial. Diante disso, caracteriza-se como uma área crítica e frágil de Santa Maria, em virtude do grau de poluição e deterioração do ecossistema, tornado inviável o habitat e a sobrevivência de seres bióticos dentro do arroio.

A preocupação com a qualidade da água e as formas de uso da terra no ecossistema aquático da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, carece de práticas de controle, planejamento e reconstituição natural.

O tipo de uso da terra que mais influencia no ecossistema aquático é a área de urbanização, em quase todas as bacias de captação, exceto nas dos pontos 4 e 8. Ressalta-se portanto, a bacia de captação do ponto 1 com elevado índice de área urbanizada influenciando negativamente no ecossistema aquático; a área de captação do ponto 4 se destaca positivamente pelo predomínio de floresta e a área de captação do ponto 8 em campo, o qual pode influenciar de forma positiva ou negativa, dependendo se tiver a prática da pecuária e a que distância ela é realizada do ecossistema aquático e a sua dimensão.

A bacia de captação que apresentou melhor índice de qualidade da água foi a do ponto 4, cujos parâmetros analisados apresentaram o menor índice, acrescenta-se que 62,94% da área, está coberta por floresta. Tornando-se evidente assim, que a floresta é o principal agente responsável pela qualidade da água nesta bacia de captação, associada a não ocupação humana das margens do leito fluvial.

As bacias de captação mais críticas abarcam os pontos 1, 3 e 5 onde observou-se os maiores índices de contaminação e poluição da água, através dos parâmetros de análise de água, levantamento do uso da terra e empiricamente a campo. Para tanto, os resultados e os parâmetros temáticos servirão de embasamento para um planejamento, junto aos órgãos públicos e Comitê de Bacias Hidrográficas. Estes dispõem de recursos humanos, financeiros, assim como possuem mais facilidade para intervir e executar projetos de reconstituição de um ecossistema, faltando investimentos e vontade política.

A contaminação da água do Arroio Cadena, principalmente ocorre em função do lançamento de esgotos *in natura* no leito fluvial, além do lançamento de lixo nas margens e dentro do Arroio, entre outros. Esse impacto negativo oriundo da ação antrópica diz respeito a insuficiência de redes de esgotos e a falta de locais adequados para despejo dos resíduos sólidos, tarefa que cabe ao planejamento dos órgãos públicos.

Para que a água possa ser utilizada e controlada em níveis satisfatórios, tanto em quantidade e qualidade, seja pela geração atual, seja pela geração futura de Santa Maria são necessários mecanismos de planejamento e gerenciamento integrado, visando a reconstituição do ambiente natural do ecossistema aquático, em função de sua crescente poluição.

Na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena é amplamente notável o déficit de Floresta, onde quase a totalidade do leito fluvial não possui mata ciliar, elemento indispensável à prevenção da erosão, do assoreamento do leito fluvial, além da formação de bancos de areia. O cercamento da área permitirá que a vegetação se reconstitua naturalmente sem a interferência humana. Com isso, ocorrerá a regeneração da flora de forma natural e conseqüentemente a fauna que habita este ambiente.

O elevado teor de condutividade elétrica observada no ponto um, três e cinco, além do índice de coliformes fecais, coliformes totais, permite evidenciar a contaminação da água.

A ausência da mata ciliar na maior parte das margens do Arroio, como nas suas nascentes contribui no seu assoreamento, por causa do seu declive, a erosão permite que partículas de solo se deslocam às partes inferiores até atingir o leito fluvial, por causa disso, são perceptíveis bancos de areia no Arroio. É necessário também, reavaliar as partes mais elevadas, ou seja, os divisores de água constantes

da sub-bacia para a regeneração e o florestamento através de mata nativa, recomendações essenciais para o manejo integrado de bacias hidrográficas.

Em virtude do avançado grau de deterioração na sub-bacia hidrográfica emerge a necessidade do manejo integrado de bacias hidrográficas, que consiste no estudo do Diagnóstico Físico Conservacionista, Sócio-Econômico e Ambiental que Rocha e Garcia (2005), recomendam para a reconstituição da ambiência. Todavia, o tratamento de esgoto constitui-se elementar para o estudo que envolve o planejamento urbano. Para isso é fundamental que as medidas mitigadoras e compensatórias sugeridas deverão ser cumpridas na íntegra, caso contrário, sua reconstituição ficará comprometida.

O mapeamento temático permitiu identificar que há áreas de conflito na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, as quais necessitam ser reavaliados pelos órgãos competentes para que minimizem o impacto ambiental negativo. Além disso, encontrou-se conflito em áreas consideradas de preservação permanente como é o caso das margens das nascentes e do Arroio Cadena desprovida de vegetação ciliar. As normas do Código Florestal Federal não estão sendo cumpridas e, no entanto, as áreas que deveriam ser de preservação permanente estão se tornando, além de frágeis críticas em função das condições ambientais locais desfavoráveis.

Portanto, a sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, tanto no que tange aos aspectos quantitativos como qualitativos, constitui uma preocupação em nível local e até regional, pelo grau de deterioração da flora, fauna e principalmente dos recursos hídricos. Esta deve ser uma preocupação universal e cada qual deve fazer sua parte para minimizar o impacto ambiental negativo e contribuir na reconstituição do ambiente, visando o ecodesenvolvimento.

CAPITULO 8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUDO, E. G et al. **Guia de Coleta e Preservação de Água**. São Paulo: CETESB, 1988.

ALBERTI, E. A. **Uso da Terra e a Influência em Variáveis Limnológicas na Microbacia Hidrográfica da Sanga Funda – São João do Polêsine**. Universidade Federal de Santa Maria. (Monografia de Especialização) Santa Maria, 2004.

ASSAD, E. D. e SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas – Aplicações na agricultura**. 2 ed. Ver. E ampl. Brasília: EMBRAPA – SPI/EMBRAPA-CPAC, 1998.

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento e Meio Ambiente: As estratégias de mudança da AGENDA 21**. 3 ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2000.

BERGER, M. G. **Setorização dos Impactos Ambientais no Arroio Cadena, Município de Santa Maria – RS: Uma Proposta de Análise sobre Risco Ambiental**. 2001, 76f. Trabalho de Graduação (Geografia-Licenciatura). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2001.

BORGES, M. H. S. **Água Potável, Um Recurso de Disponibilidade Limitada: Uma visão dos Graduandos e de Professores da UNICRUZ**. 2001. 146 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) Universidade Federal de Santa, Santa Maria-RS. 2001.

BRASIL **Constituição: República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988.

BRASIL (1997). **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui Política Nacional de Recursos Hídricos**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos do Brasil 33p. cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

BRASIL (2000) Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. **Criação da Agência Nacional de Águas - ANA.**

BRASIL. **Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).** Res. Nº 357 de 17 de março, 2005. p. 23.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio ambiente.** (CONAMA). Res. Nº 001 de 23 de janeiro, 1986.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio ambiente.** (CONAMA). Res. Nº 20 de 18 de julho, 1986.

BRASIL. **Código Florestal Federal.** Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Art 2º. Disponível em: <http://www.lei.adv.br/4771-65.htm>. Acesso 10 de Dezembro 2005.

BRITES, A. P. Z.; GARCIA, J. I. B.; FRANTZ, L. C. **Relatório Final: Estudo do Aumento da Taxa de Urbanização na bacia Hidrográfica do Arroio Cancela para as Datas de 1980 e 1992.** 2003 f.21 (Relatório Final) Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2003.

BURROUGH, P. A.; McDONNEL, R. A. **Principles of geographical information systems: spacial information systems and geostatistics.** Oxford: Clarendon Press. 1998.

CAMPONOGARA, Isabel. **Análise do Uso da Terra na Microbacia Hidrográfica do arroio da Divisa – RS, Desenvolvimento através de Técnicas de Geoprocessamento.** 2003. 103f. Monografia (Especialização em Geociências), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2003.

CAMPOS, N.; STUDART. **Gestão das Águas: princípios e práticas.** Porto Alegre: ABRH, 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CRISTO, Sandro Sidnei Vargas de. **O Estudo de Risco Ambiental na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Direcionado a Inundação, Santa Maria, RS.** 2001, 61f. Monografia (Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2001.

DE PAULA, G. O. **Água: Percepções e Compromissos Estudo de Caso na Região Metropolitana de Campinas**. 2002. 353 f. Tese (Doutorado em Geociências) Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2002.

DILL, P.R.J. **Diagnóstico Físico Conservacionista e Ambiental da microbacia do DNOS e introdução de cartilha ambiental**. Projeto Lapaf/ Fundação o Boticário de Proteção a Natureza, Santa Maria, 2002.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (DSG). Minas Gerais: **Santa Maria, Folha SH.22-V-C-IV-1MI-2965/1 e Sanga da Laranjeira, Folha SH.22-V-C-3**, MI-2965/3. Minas Gerais, 1975, (Cartas Topográficas: escala - 1: 50.000).

ESTEVES, F. de ASSIS. **Fundamentos de Limnologia**. 2º ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, p.548.

GUERRA, Antônio José Teixeira & CUNHA, Sandra Batista. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Sistema de Processamento de Informações Geográficas**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>. Acesso 10 de outubro, 2005.

ISAIA, E. M. B. I. **Geoprocessamento e educação ambiental no processo de gestão do conflito socioambiental do Arroio Cadena, Santa Maria-RS**. 2004. f. 81. Dissertação (Mestre em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

Maciel Filho, C. L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**. Santa Maria: UFSM, 1990.

MARTINS, E. G. **Áreas de risco ambiental no Arroio Cadena, Santa Maria/RS : proposta de instrumentos de educação ambiental**. 2002. f. 44. Trabalho de Graduação (Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

MENDES, C. A.B. & CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos Princípios, Integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH. 2001.

MICHELON, C. R. **Modelado do relevo e processos erosivos na Microbacia do Arroio Cadena/ Santa Maria-RS**. 2003. f. 95. Trabalho de graduação (Geografia-Licenciatura) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

MICHELON, C. R. **Modelado do relevo e conformação do perfil das vertentes na microbacia do Arroio Cadena/Santa Maria-RS**. 2004. f.88. Monografia (Especialização em Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

MORAIS, M. S. de J. **Diagnósticos quantitativos mínimos de ambiência para o manejo integrado da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, município de Santa Maria – RS**. 1997. f.135. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

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

OLIVEIRA, Edison Luis de Almeida. **Áreas de Risco Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria/RS: Zoneamento e Hierarquização**, 2004. 141f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PEREIRA Filho, Waterloo. **Influência dos Diferentes Tipos de Uso da Terra em Bacias Hidrográficas sobre Sistemas Aquáticos da margem Esquerda do reservatório de Tucuruí – Pará**. 2000. f. 138. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

PRADO, Raquel Bardy. **Geotecnologias Aplicadas à Análise Espaço Temporal do Uso e Cobertura da Terra e Qualidade da Água do Reservatório de Barra Bonita, SP, Como Suporte à Gestão de Recursos Hídricos**. f.158, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia) Universidade de São Paulo - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS. p. 6-31 2004.

Rio Grande do Sul (1994). **Lei nº 10.350 do RS**, de 30 de dezembro de 1994. **Política Estadual dos Recursos Hídricos**, 30p.

ROCHA, J. S. M. **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997.

ROCHA, S. M.; ; KURTZ, S. M. de J. M. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. 4º ed. Santa Maria: UFSM CCR/UFSM, 2001. p. 774.

ROCHA, J. S. M; GARCIA, S. M. CURSO DE APERFEIÇOAMENTO EM PROJETOS AMBIENTAIS (Material para Aulas Práticas). **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas, Aplicações, Técnicas Avançadas em diagnósticos Físico**

- **Conservacionista, sócio-Econômico e Ambiental.** UFSM e CIPAM. Santa Maria-RS, 2005.

SANTOS, Milton. **A Urbanização Brasileira.** 3ed. São Paulo: Hucitec, 1996 (Estudos Urbanos).

SOUZA, B. S. P. **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 Física) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

TUCCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2 ed. Porto Alegre : UFRGS/ABRH, 2001.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez.** São Carlos: Rima, IIE, 2003.

TUNDISI, J.G. ; TUNDISI, T. M. & BICUDO, C. E. de M. **Limnology in Brazil.** Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995.

TUNDISI, J.G. Limnologia e gerenciamento integrado de recursos hídricos: avanços, conceitos e metodologias. **Ciência & Ambiente.** V. 1, n. 21, p. 9-18. jul-dez, 2000.

TUNDISI, J. G et al. **Gestão das Águas.** in: REVISTA DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA.. São Paulo: Imprensa Oficial, Ano 55. N.º 4. Out. - dez, 2003.

ANEXOS

Anexo 1

1. Espacialização dos tipos de uso e ocupação da terra nas oito bacias de captação

.CRUZ NO PONTO1 - AREA (ha)
campo : 2,969051
água : 0.000000
agricultura : 0,000000
floresta : 0.000000
urbano : 33,768803
Área total das classes:36,737853

Quadro 6 – Tipos de uso da terra na área de captação do ponto 1.

CRUZ NO PONTO2 - AREA (ha)
campo : 19.300103
água : 0.000000
agricultura : 0.000000
floresta : 17.836191
urbano : 59.696536
Área total das classes: 96.832830

Quadro 7 – Tipos de uso da terra na área de captação do ponto 2.

CRUZ PONTO3 (ha)
campo : 33.768989
água : 0.000000
agricultura : 0.000000
floresta : 13.287545
urbano : 138.832018
Área total das classes:185.888553

Quadro 8 – Tipos de uso da terra na área de captação do ponto 3.

CRUZ PONTO4 (ha)
campo : 8.296751
água : 0.000000
agricultura : 0.000000
floresta : 22.207209
urbano : 4.785198
Área total das classes:35.289158

Quadro 9 – Tipos de uso da terra na área de captação do ponto 4.

CRUZ PONTO 5 AREA (ha)
campo : 209.301243
água : 0.000000
agricultura : 0.000000
floresta : 162.630134
urbano : 364.553356
Área total das classes:736.484732

Quadro 10 – Tipos de uso da terra na área de captação do ponto 5.

CRUZ PONTO 6 - AREA (ha)
campo : 541.615780
água : 0.000000
agricultura : 0.000000
floresta : 99.129524
urbano : 308.803408
Área total das classes:949.548713

Quadro 11 – Tipos de uso da terra na área de captação do ponto 6.

CRUZ PONTO 7 - AREA (ha)
campo : 251.862927
água : 1.066999
agricultura : 0.000000
floresta : 5.492251
urbano : 360.312039
Área total das classes:618.734217

Quadro 12 – Tipos de uso da terra na área de captação do ponto 7.

CRUZ PONTO 8 - AREA (ha)
campo : 1967.276647
água : 22.580254
agricultura : 0.176750
floresta : 174.248144
urbano : 1228.496014
Área total das classes:3389.75

Quadro 13 – Tipos de uso da terra na área de captação do ponto 8.

Ponto 1	Área total das classes: 36,74 (ha)
Ponto 2	Área total das classes: 96.83 (ha)
Ponto 3	Área total das classes: 185.88 (ha)
Ponto 4	Área total das classes: 35.29 (ha)
Ponto 5	Área total das classes: 736.48 (ha)
Ponto 6	Área total das classes: 949.55 (ha)
Ponto 7	Área total das classes: 618.73 (ha)
Ponto 8	Área total das classes: 3392.77 (ha)
Área Total	Área Total de Todas as Classes 6.052,27 (ha)

Quadro 14 – Área total das oito bacias de captação.

OBS: A referida fonte corresponde ao anexo 1.

Fonte: Imagem de satélite Landsat 7, de 13-08 de 2002, as bandas utilizadas 3, 4 e 5.

Org: REIS, Janete Teresinha.

Anexo 2

2. Primeira Coleta – Análise bacteriológica

LOCAL	NMP de COLIFORMES TOTAIS/100ML	NMP de COLIFORMES FECAIS/100ML
P1 -R. Silva Jardim	↑ 240.000	↑ 240.000
P2 - Ig. Sta Catarina	4.200	3.500
P3 - Prox. R. Sete de Set.	↑ 240.000	↑ 240.000
P5 - Prox. Borges de Medeiros	↑ 240.000	↑ 240.000
P7 - Ponte Rod. 287	110.000	21.000
P8 - Atrás do Minuano	24.000	2.200

Quadro 2 - Resultado das análises bacteriológicas da sub-bacia do Arroio Cadena.

Fonte: Departamento de Saúde, realizadas em 05/04/2005

Org: REIS, Janete Teresinha.

Anexo 3

3. Índices pluviométricos do mês de maio de 2005

MÊS DE MAIO/dias	PRECIPITAÇÃO DE CHUVA/ ml
07	31,2
08	0,3
10	8,1
11	0,7
12	27,6
13	20,4
15	30,4
16	2,3
17	4,4
18	12,8
19	12,2
20	10,3
21	17,6
24	2,4
25	0,5
30	2,5
TOTAL	183,7 ml

Quadro 5- Quantidade de precipitação pluviométrica registrada no mês de maio-2005

Fonte: Centro de Meteorologia da UFSM

OBS: A coleta da água foi realizada no dia 10 de maio.

Anexo 4

4. Segunda Coleta – Análise física e química

Segunda Coleta	CE (μS/cm)	pH	Temp. Água °C	Temp. Ar °C	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)
P1- R.Silva Jardim	541	7,5	19,6	22	260	284
P2- lg. Sta Catarina.	208	6,79	17,5	22	99	56
P3- Prox. R. Sete de Set.	459	7,42	19,7	22	220	28,6
P4- Ch. Flores	93,4	7,34	17,5	22,5	44	14
P5- Av. Borges	364	7,21	18,8	22,5	174	15,2
P6- Ponte Oliveira	319	7,16	18,9	23	152	20,6
P7- Ponte Rod. 287	314	7,25	19,1	25	150	19,4
P8- Atrás do Minuano	286	7,14	19,4	27,5	137	20,8

Quadro 3 - Resultado das coletas de água do ecossistema aquático do Arroio Cadena de Santa Maria/RS - 2005.

Fonte: Trabalho de Campo, realizadas em 10/05/2005

Org: REIS, Janete Teresinha.

Anexo 5

5. Segunda coleta – Análise Bacteriológica

LOCAL	NMP de COLIFORMES TOTAIS/100ml	NMP de COLIFORMES FECAIS/100ml
P1- Silva Jardim	240.000	240.000
P2- Igreja Sta Catarina	110.000	110.000
P3- Próx. R. Sete de Set.	110.000	110.000
P4- Ch. Flores	460	75
P6- Ponte Oliveira	46.000	46.000
P8- Atrás do Minuano	2.800	2.800

Quadro 4 - Resultado das análises bacteriológicas do ecossistema aquático do Arroio Cadena de Santa Maria/RS - 2005.

Fonte: Trabalho de Campo, Dpto da Saúde, realizadas em 10/05/2005

Org: REIS, Janete Teresinha.