

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS DA QUALIDADE DA
ÁGUA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO
CADENA - MUNICÍPIO DE SANTA MARIA - RS**

Maristela Coradini Ceretta

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS DA QUALIDADE DA
ÁGUA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO
CADENA - MUNICÍPIO DE SANTA MARIA - RS**

Maristela Coradini Ceretta



UFSM

Santa Maria, RS, Brasil



UFSM

Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS DA QUALIDADE DA ÁGUA
NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA -
MUNICÍPIO DE SANTA MARIA.-.RS**

Maristela Coradini Ceretta

PPGEC

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS DA QUALIDADE
DA ÁGUA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO
ARROIO CADENA - MUNICÍPIO DE SANTA MARIA-
RS**

por

Maristela Coradini Ceretta

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil.**

PPGEC

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

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

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS DA QUALIDADE DA
ÁGUA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO
CADENA - MUNICÍPIO DE SANTA MARIA - RS**

elaborada por
Maristela Coradini Ceretta

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Carlos Ernando da Silva
(Presidente/Orientador)

Geraldo Lopes da Silveira

André Luiz Lopes da Silveira

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2004

AGRADECIMENTOS

Á Deus, primeiramente, pela minha existência e proteção, e que sua luz infinita continue a guiar meus caminhos, de meus entes e amigos queridos;

À Universidade Federal de Santa Maria, como entidade de ensino;

Ao Conselho de Aperfeiçoamento e Pesquisa de Ensino Superior - CAPES, pelo apoio financeiro;

Aos professores do Departamento de Hidráulica e Saneamento, em especial ao professor orientador Carlos Ernando da Silva;

Aos senhores professores que fazem parte da banca examinadora: Geraldo Lopes da Silveira e André Luiz Lopes da Silveira;

À toda a equipe de bolsistas do Laboratório do Departamento de Hidráulica e Saneamento;

A todos os que integram a minha família, em especial ao meu esposo Flademir H. Ceretta pelo convívio, compreensão e incentivo;

A todos os colegas do Curso de Mestrado em Engenharia Civil.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	2
1.2	OBJETIVOS.....	3
1.3	DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	A URBANIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS	6
2.2	QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS	16
2.2.1	Variáveis de Qualidade dos Recursos Hídricos	20
2.2.2	Índices de Qualidade da Água (IQA)	30
2.3	A POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	38
2.4	MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS	48
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	58
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	58
3.2	MODULAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	66
3.3	MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS	71
3.3.1	Monitoramento Qualitativo.....	71
3.3.2	Monitoramento Quantitativo.....	74
3.4	AVALIAÇÃO AMBIENTAL.....	77
3.5	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	78
3.6	AVALIAÇÃO DAS CARGAS POLUIDORAS	81
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	84
4.1	MONITORAMENTO QUANTITATIVO.....	84
4.2	MONITORAMENTO QUALITATIVO.....	89
4.3	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	97
4.4	CARGAS POLUIDORAS	101
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	104
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
7	ANEXOS	125

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Classificação dos recursos hídricos – Águas Doces18
TABELA 2.	Padrões de qualidade da água – Águas doces.....20
TABELA 3.	Distritos com algum tipo de serviço de saneamento básico...41
TABELA 4.	Localização dos pontos de amostragem.....66
TABELA 5.	Variáveis de qualidade e metodologias analíticas73
TABELA 6.	Variáveis de qualidade e pesos relativos considerados no cálculo do IQA-NSF-Somatório.....79
TABELA 7.	Variáveis de qualidade e pesos relativos considerados no cálculo do IQA-NSF (Produtório)80
TABELA 8.	Interpretação do índice de qualidade da água80
TABELA 9.	Dados de precipitação diários ocorridos nos meses de novembro de 2002 a novembro de 2003 e os dias das coletas para as amostragens e medidas de vazões.....87
TABELA 10.	Variáveis de qualidade da água e classe de enquadramento Resolução 020/86 (CONAMA).....90
TABELA 11.	Índices de Qualidade da Água – Valores médios do período de monitoramento (novembro/2002-novembro/2003).....97
TABELA 12.	Estimativa da carga orgânica e equivalente populacional nos setores da sub-bacia.....101

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Localização da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena no Estado do Rio Grande do Sul.	59
FIGURA 2.	Modelo Numérico do Terreno (MNT) da área de estudo	63
FIGURA 3.	Modulação da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena e identificação dos pontos de monitoramento quali-quantitativo.	67
FIGURA 4.	Localização do ponto P-A de coleta de água.	68
FIGURA 5.	Localização do ponto P-B de coleta de água.	69
FIGURA 6.	Localização do ponto P-C de coleta de água.	70
FIGURA 7.	Representação esquemática para a obtenção das áreas dos pontos de coleta.	76
FIGURA 8.	Demonstrativo da tomada das medidas de vazões na área.....	85
FIGURA 9.	Medidas de vazões nos pontos de amostragem da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena.	86
FIGURA 10.	Hidrograma da área de estudo no período de novembro/2002 – novembro/2003.....	88
FIGURA 11.	Valores mensais das precipitações na área de estudo no período de novembro/2002 – novembro/2003.	88
FIGURA 12.	Variação mensal do oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem.	92
FIGURA 13.	Variação mensal da demanda bioquímica de oxigênio nos pontos de amostragem.	93
FIGURA 14.	Variação mensal de coliformes fecais nos pontos de amostragem.	93

FIGURA 15.	Ponto de amostragem P-A – Drenagem do Setor 1.....	95
FIGURA 16.	Ponto de amostragem P-B – Drenagem do Setor 2.	95
FIGURA 17.	Ponto de amostragem P-C - Drenagem da sub-bacia hidrográfica.....	96
FIGURA 18.	Perfil do índice de qualidade da água – NSF*(somatório).	98
FIGURA 19.	Perfil do índice de qualidade da água - NSF*(produtório).....	99
FIGURA 20.	Cargas poluidoras produzidas na Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena.....	102

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS DA QUALIDADE DA ÁGUA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA - MUNICÍPIO DE SANTA MARIA – RS

AUTORA: MARISTELA CORADINI CERETTA

ORIENTADOR: CARLOS ERNANDO DA SILVA

Data e local da defesa: Santa Maria, 27 de fevereiro de 2004.

A dinâmica de ocupação e de uso do solo da Sub-Bacia Hidrográfica do arroio Cadena é fator determinante para o comprometimento da qualidade de suas águas. A área de estudo pertence à Bacia Hidrográfica do rio Vacacaí, localizada no município de Santa Maria - RS. O presente trabalho consiste no estabelecimento de um programa de monitoramento da qualidade da água superficial da Sub-Bacia Hidrográfica do arroio Cadena, visando a determinação dos índices de qualidade de suas águas e a estimativa do aporte de cargas poluidoras devido a ação antrópica. Para tanto, estabeleceu-se a modulação da bacia através da implantação de uma rede de monitoramento formada por três pontos hidrométricos para medidas de vazão e coleta de água para a determinação das variáveis de qualidade. Os resultados do monitoramento realizado no período entre novembro de 2002 a novembro de 2003 demonstram que a qualidade da água na sub-bacia variou entre “Regular” e “Muito Ruim” com a interpretação através do Índice de Qualidade da Água - IQA-NSF* (produtório) e o IQA-NSF (somatório). O aporte de carga orgânica específica média na bacia foi estimado em 18,69 kg DBO/dia/km², devido principalmente ao lançamento de esgotos sanitários junto à rede de drenagem. A modulação da bacia hidrográfica permitiu atribuir as cargas orgânicas aos respectivos setores de ocupação diferenciada (urbana, rural e urbana-rural) na área da referida Sub-Bacia Hidrográfica.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE WATER QUALITY ASPECTS IN THE CADENA STREAM BASIN IN SANTA MARIA - RS

The dynamic of occupation and land uses in the drainage area of the Cadena creek is the most important aspect that has led to the degradation of water quality. Cadena stream is part of the large Vacacaí basin, located in central Rio Grande do Sul state, Brazil. This work consists of the establishment of a monitoring program to determine water quality indices and to estimate the pollutant loads resulting of anthropic sources. Appropriate Thus, there was established the modulation of the basin through the implantation of a monitor net formed by three hydrometric points the measurement of the evicition and collection of water to determine the variations of quality. The results of this monitoration realized in the period from november 2002 to november 2003, shows that the quality of the water in the sub-basin varies between “Regular” and “too bad” according to the interpretation of the indice of Quality of the Water – IQA – NSF* (product) and the IQA – NSF (sum). The amount of specific organic load in the basin is estimated around 18,69 Kg. DBO/day/km² mainly due the throwing of sewage in the drainage system. The modulation of the hidrografical basin allowed us to attribute the organic loads to the respective different sector of occupation (urban, rural and urban-rural) in the refered hidrografical basin.

1 INTRODUÇÃO

No atual estágio de desenvolvimento empreendido pelos seres humanos, tem-se observado uma intensa degradação da qualidade das águas em grande parte do nosso Planeta. Levando-se em consideração a limitação dos recursos hídricos, a situação é muito preocupante, pois a água mesmo sendo um recurso renovável por meio do ciclo hidrológico, constata-se a ocorrência de processos poluidores que comprometem uma parcela de água disponível.

As questões ambientais ocupam hoje um patamar de destaque pelos meios de comunicação, ações governamentais e inclusive pelas entidades educacionais. Tal discurso marca a crise e a possibilidade de falência do sistema ecológico. Neste cenário, além da tendência de escassez devido a crescente demanda, o aspecto de ordem qualitativa, especialmente nas regiões de maior concentração de demandas hídricas, aparece como um fator agravante, frente ao comprometimento dos mananciais de abastecimento pela poluição resultante dos efluentes originados pelos diversos usos e ocupação inadequados.

A água é vital à sobrevivência do homem, mesmo o Brasil sendo um país dotado de vasta e densa malha hidrográfica, a escassez dos recursos hídricos superficiais se faz presente nas áreas com grande contingente populacional. Isto em decorrência da distribuição heterogênea ou pelo aproveitamento inadequado.

Nos países em desenvolvimento, a degradação qualitativa dos corpos hídricos está diretamente vinculada à poluição orgânica. O uso e ocupação desordenada do solo, associados à falta de saneamento básico promovem a degradação acelerada dos recursos naturais existentes. Para tanto, atualmente o panorama apresentado pela maioria dos municípios brasileiros é a impossibilidade de utilização dos recursos hídricos que drenam suas áreas urbanas para os diversos fins. Os lançamentos inadequados de esgotos sanitários e resíduos sólidos nos recursos hídricos promovem a contaminação gradativa das águas, transformando em um grave problema de saúde pública.

Os recursos hídricos ficam extremamente comprometidos se a população que se instala ou já instalada desenvolve atividades que degradam o meio ambiente. Particularmente, a educação ambiental seria a modalidade de obter e manter a qualidade de água desejada e esperada por todos aqueles que realmente estão conscientes em preservar e conservar o meio ambiente.

1.1 JUSTIFICATIVA

O interesse no controle da qualidade das águas, o controle da poluição das águas através dos padrões é uma medida de extrema necessidade de manutenção da qualidade da água tendo em vista os diversos usos que a água se destina. Levando-se em consideração que

para cada tipo de uso da água existe a necessidade da mesma requerer uma determinada qualidade.

A gestão dos recursos hídricos, buscando consorciar usos e integridade, tem adotado medidas como a elevação das eficiências de tratamento de efluentes, redução de vazões de lançamento de efluentes e captações, o controle das condições de qualidade e até restrições de uso. Para tanto, surge como uma necessidade para avaliar a degradação ambiental, possibilitando traçar diretrizes de ações visando a preservação, recuperação e controle do sistema natural.

A avaliação dos aspectos de qualidade e quantidade da água (indissociáveis) é de relevante importância para o estudo da preservação do meio ambiente. Neste contexto, a Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena que drena o município de Santa Maria recebe influência dos efeitos do processo de urbanização e do uso do solo, sendo receptor de grande quantidade de cargas poluidoras, provenientes de diversas fontes.

1.2 OBJETIVOS

A presente pesquisa possui como objetivo principal realizar a avaliação ambiental na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, utilizando-se como instrumento o monitoramento quali-quantitativo

dos recursos hídricos. Desta forma foram estabelecidas as seguintes metas para se alcançar o objetivo proposto:

- Realizar a caracterização fisiográfica da sub-bacia hidrográfica;
- Estabelecer a modulação da sub-bacia em diferentes áreas de uso e ocupação do solo;
- Implantar e operar a rede de monitoramento dos recursos hídricos;
- Analisar a qualidade da água frente aos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 020/86 e através do índice de qualidade da água;
- Estimar as cargas poluidoras e suas principais causas.

Com a realização do referido monitoramento, espera-se contribuir para o poder público municipal, informações necessárias ao estabelecimento de diretrizes preventivas e corretivas para a qualidade dos recursos hídricos da área em questão.

1.3 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

O presente trabalho está disposto em sete capítulos. No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica dos principais aspectos referentes aos recursos hídricos, tratando de diversos assuntos entre eles: a) importância dos recursos hídricos, b) qualidade dos recursos hídricos, onde descreve-se os parâmetros físico-químicos e biológicos da água, c) índices de qualidade da água, d) poluição das águas e, e) monitoramento dos recursos hídricos. Os materiais e métodos adotados são apresentados no capítulo 3. Neste capítulo, é descrita a caracterização e modulação da bacia hidrográfica; os procedimentos do monitoramento dos recursos hídricos (qualitativo e quantitativo); a avaliação ambiental através da comparação com os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA 020/86 e frente aos índices de qualidade da água e a avaliação das cargas poluidoras. No capítulo 4 são apresentados e analisados os resultados do monitoramento quali-quantitativo, o índice de qualidade da água IQA-NSF realizado no período de novembro/2002 a novembro/2003. No capítulo 5 realizou-se as conclusões e recomendações relativas ao estudo. As referências bibliográficas utilizadas e mencionadas são apresentadas no capítulo 6, seguidas da listagem dos Anexos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A URBANIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS

Muitos são os impactos sobre a qualidade da água, além dos efeitos diretos, várias atividades humanas (um dos exemplos é a urbanização) tem efeitos indiretos e indesejáveis sobre os ambientes, entre eles o aquático. A água quando é utilizada para qualquer atividade provoca impactos na qualidade do meio ambiente hídrico.

O crescimento das cidades ao longo do tempo, transformou o espaço urbano e conseqüentemente o uso do solo urbano, projetando na paisagem o processo de construção de edifícios (processo de verticalização).

A urbanização brasileira, ou seja, o aumento populacional das cidades mais acelerado do que nas áreas rurais, se desenvolve a partir do século XVIII, contudo, a urbanização atinge sua plena expansão no século XIX, adquirindo suas características atuais somente no século XX.

De acordo com Hartmann (2002), foi após a Segunda Guerra Mundial, com os incrementos do capital das transnacionais e dos investimentos de governos em infra-estrutura para os grandes centros urbanos que o processo de urbanização sofre um crescimento acelerado e descontrolado. A partir disso então os problemas surgem e tomam um vulto ainda maior, aumentando a pobreza, o desemprego, a favelização, a concentração de renda, a periferia e a poluição

ambiental passam a ser motivo de preocupação, até então ignoradas pelos órgãos governamentais e elites.

A aceleração do processo de urbanização brasileira deu-se após a Segunda Guerra Mundial quando se intensificou a economia capitalista no país. A expansão acelerada da população em situação urbana deve ser interpretada como expressão de grandes mudanças na estrutura econômica e social do país.

A urbanização não corresponde somente ao crescimento das cidades. Ela provoca uma série de outras modificações na organização do espaço, como exemplo, a dependência do campo em relação à cidade e também a formação de um sistema integrado de cidades – a rede urbana, sendo formada por cidades de pequeno, médio e grande porte. Concomitantemente que ocorre o fenômeno de urbanização, ocorre a formação de áreas metropolitanas (crescimento intenso de grandes cidades) juntamente com as cidades próximas formando um único aglomerado urbano (Vesenick & Vasconcellos, 1997).

O processo de urbanização brasileira acelera-se a partir de 1940 e o município de Santa Maria acompanha o mesmo ritmo nesse contexto. “O componente espacial da urbanização encontra particular representação no sistema de cidades, que constitui um tipo de forma/estrutura através do qual o espaço integra transformações econômicas e sociais. Nesse enfoque a preocupação reside principalmente no espaço ou na dimensão espacial da sociedade”.

No Brasil, o processo de urbanização apresenta, a partir da década de 80, sua face mais perversa com problemas nas questões sociais, com reflexo da crise econômica e do modelo social adotado.

Problemas como a precariedade habitacional, degradação ambiental, violência, miséria, desigualdade social, entre vários outros tem se agravado com o avanço da política neoliberal em nosso país.

O processo de urbanização e industrialização ocorridos nos países periféricos, proporcionaram uma grande desigualdade que pode ser observada nitidamente no Brasil e na própria sociedade em que estamos inseridos.

As múltiplas dimensões da vida urbana e das políticas públicas municipais estão sendo afetadas pelo processo de globalização. Mas a forma que tal processo tem causado impactos no universo urbano e a resposta dos governos locais ainda são desconhecidas. O desenvolvimento urbano em lugares cuja urbanização vem sendo acompanhada por uma acentuada degradação sócio-ambiental (Menezes, 1996).

A urbanização não é um mal em si, a questão é que nos países em desenvolvimento ela se conjuga com seus altos índices de pobreza. A ocupação de áreas urbanas ambientalmente mais frágeis (fundos de vales, áreas de mananciais, lixões, aterros, várzeas) aliadas a um aumento descontrolado das atividades comerciais, financeiras e de construção é a expressão contundente dos efeitos de tal conjugação.

No Brasil, a maioria da população vive em áreas urbanas, regiões metropolitanas que apresentam, de modo geral, sérios problemas ambientais, com áreas críticas de degradação, assentamentos ilegais, sistemas de transporte e de saúde decadentes, déficit habitacional, saneamento básico precário, violência urbana acentuada, entre outros. Com exceções raras, a complexidade desses problemas é resultado da

falta de vontade política dos governantes em estabelecer metas para o desenvolvimento das cidades.

Para o entendimento do uso do solo urbano, torna-se necessário abordar o aspecto demográfico, uma vez que é um dos fatores que contribui para o ritmo acelerado de tal processo e tem influência no crescimento das cidades.

Muitos foram os fatores que concentraram a população no espaço das cidades, mas o incremento populacional contribuiu para que a evolução urbana se acentuasse, fazendo com que a distribuição espacial da população se tornasse desigual.

Assim, no aspecto do ritmo acelerado do crescimento populacional das cidades, o processo de urbanização brasileiro apresenta dois enfoques que podem ser caracterizados por Souza (1992): o adensamento e a verticalização.

No que diz respeito ao papel das cidades e da urbanização existe a convicção presente nas teorias da modernização, de que o meio urbano é potencialmente um suporte para a introdução e propagação de valores modernos, assim como a crescente urbanização é um indicador de desenvolvimento (Souza, 1996).

Atualmente discuti-se o inter-relacionamento entre a urbanização e o meio ambiente, e procura-se mostrar como as características ambientais influem no processo de urbanização ou são alteradas pelo mesmo. Entre as modificações resultantes do desenvolvimento urbano ressalta-se a poluição do meio ambiente em suas várias esferas, entre elas: da água, do solo, do ar, entre outras.

O processo de urbanização que ocorre em todo o mundo é um fato comprovado e muito discutido. Aliado ao aumento da população existe um crescente aumento da população urbana em relação a rural. O aumento da população e por conseqüência a ampliação das cidades necessitariam ser acompanhados do crescimento de toda a infraestrutura urbana necessária para proporcionar aos habitantes a mínima condição de vida. A importância desta ordenação do crescimento é fundamental para que as influências que o mesmo possa refletir sobre o meio ambiente não sejam catastróficas para os habitantes (Mota, 1981).

Mas o que realmente ocorre é que o processo de urbanização é realizado sem a devida implantação de infra-estrutura necessária, o crescimento é desordenado, sem considerar as características naturais do meio.

Em conseqüência do processo inadequado de crescimento são comuns em qualquer cidade de porte médio a grande: ocupação de áreas inadequadas, destruição dos recursos de valor ecológico, poluição do meio ambiente, habitações em condições precárias de vida, falta de condições sanitárias mínimas, ausência de serviços indispensáveis a vida das pessoas no meio urbano, tais conseqüências refletem na qualidade de vida das pessoas que residem no meio urbano.

Uma forma de ordenar o crescimento urbano das cidades, com o intuito de minimizar os problemas decorrentes da urbanização tem sido o planejamento do espaço urbano.

Os usos do solo urbano (comercial, residencial, industrial, de circulação, de áreas de recreação, de áreas vagas) resultam em alterações do meio ambiente natural. Estas alterações em pequenas ou maiores proporções resultam em desequilíbrios que podem provocar alterações desagradáveis como a poluição dos recursos hídricos, dos solos, entre outros, prejudicando toda a população.

De acordo com Mota, (1981), os usos do solo citados anteriormente, se realizados sem visar à preservação ambiental resultam em problemas para a população das cidade, por exemplo: a localização das residências em áreas de solos inadequados para a utilização de sistemas fossa-sumidouro (terrenos impermeáveis ou com lençol freático elevado) pode criar muitos problemas aos moradores, quando não dispor de sistemas adequados de abastecimento de água e de afastamento de esgotos.

Muitas outras técnicas de saneamento podem contribuir para um melhor disciplinamento do uso do solo urbano. Com o crescimento acelerado das áreas urbanas cada vez mais devem ser considerados os aspectos ambientais no planejamento urbano. Os problemas de poluição podem ser evitados ou minimizados pela aplicação de princípios básicos de saneamento.

Um relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) apud HARTMANN (2002) transcreve que: “desde que o uso do solo tem sido tradicionalmente a chave para o planejamento metropolitano, deve ser considerado a sua interação com o sistema de abastecimento de água, de coleta e disposição de esgoto, drenagem, transporte, coleta e disposição de lixo, poluição da água, do solo e do ar, entre outros”.

Infelizmente o inter-relacionamento tem sido mínimo entre o planejamento e o saneamento. Somente na área de preservação dos recursos hídricos tem ocorrido uma preocupação em relacionar o uso do solo com a qualidade da água. Alguns estados brasileiros possuem legislação que dispõem sobre o disciplinamento uso do solo para a proteção dos recursos hídricos (Mota, 1981).

A cidade pode ser considerada como um ecossistema - uma unidade ambiental formada por dois sistemas intimamente inter-relacionados: o sistema natural (água, solo, vegetação, edificações, animais) e o sistema cultural (homem e suas atividades).

O homem desenvolve suas atividades no ecossistema urbano, produzindo formas de energia, resíduos, bens e serviços. Estas atividades resultam modificações ambientais, assim como a urbanização também provoca alterações no meio físico.

Os principais fatores ambientais relacionados com a urbanização são as condições climáticas de uma determinada região, a topografia, os tipos e formações de solos, os recursos hídricos e a cobertura vegetal, e são características de um ambiente que estão relacionados com a urbanização, influenciando no processo ou sendo modificados por ele. (Mota, 1981).

A urbanização, de qualquer modo, provoca mudanças ambientais, já que a transformação da atividade rural para a urbana é realizada com alterações no meio ambiente. Uma das conseqüências do processo de urbanização é a poluição do meio ambiente. O impacto da urbanização é a poluição ambiental que pode ser definida como

qualquer alteração das características de um determinado ambiente de modo a torná-lo impróprio às formas de vida que normalmente abriga.

O processo de urbanização resulta em impactos causados no meio ambiente, como as alterações no meio ambiente, na utilização dos recursos naturais, no lançamento de resíduos no ambiente, em fim em todas as atividades humanas no meio urbano se não realizadas ordenadamente podem ocasionar impactos, seja ele urbano ou rural.

Santos (1994) apud Hartmann (2002) salienta sobre os problemas provenientes da urbanização acelerada que: “os problemas da urbanização e do emprego no terceiro mundo permite constatar a afirmação geral segundo o qual o emprego cresce mais devagar que a população urbana nos países subdesenvolvidos, e esse desequilíbrio, dado como inevitável, é freqüentemente apontado como causa de inúmeros problemas”.

Segundo Berger (2001), “a expansão urbana está caracterizada como um “inchaço” do que um crescimento urbano, isto devido as circunstâncias de que o descaso com a ocupação do solo urbano ter atingido proporções significativas dentro de uma determinada área territorial, onde na maioria das ocasiões extrapola os limites urbanos, inclusive as áreas reservadas para a expansão urbana.”

A preservação do meio ambiente natural e a adequada ocupação dos espaços no meio físico são cruciais e necessários para assegurar e manter uma qualidade de vida digna e sadia para todos os que integram o meio ambiente, preservando os ecossistemas (Berger, 2001).

A sociedade moderna e seu processo de reprodução estabelece uma relação com o meio ambiente que a abriga, alterando as condições originais e a retirada dos recursos naturais. Muitos recursos utilizados são devolvidos ao meio sob a forma de dejetos e resíduos e sua acumulação é resultado da intervenção do homem sobre o meio (Moraes, 1999).

O território brasileiro possui uma ampla rede de drenagem distribuída em praticamente toda a sua extensão. Mesmo assim, os recursos hídricos passam constantemente por progressivas dilapidações de vários processos de poluição de suas águas (Moraes, 1999). O acelerado crescimento populacional aliado ao desenvolvimento industrial, urbano e rural está alterando, constantemente causando impactos no meio ambiente. Tais impactos são refletidos de modo mais acentuado nos recursos hídricos que apresentam uma progressiva deterioração da sua qualidade.

A acelerada demanda da água e a multiplicidade de seu uso tem acarretado crises de escassez e conflitos de interesse, perturbações sociais, competição institucional e até mesmo barreiras ao crescimento econômico e à preservação ambiental, necessitando desse modo o gerenciamento dos recursos hídricos, sob os aspectos quali-quantitativos (Mota & Aquino, 2001). Lemos (1999) avalia que o processo de ocupação do espaço físico e a apropriação dos recursos naturais pelo homem impõem transformações no meio ambiente que dependendo de como ocorrem podem resultar em colapsos. Em detrimento de inúmeros usos da água a sua utilização requer exigências no que se refere à qualidade, onde a mesma necessita ser

preservada e mantida. Para a referida manutenção da qualidade da água um aspecto de fundamental importância é a quantidade de água que drena o manancial hídrico, sendo tal aspecto responsável pela assimilação de diluição das cargas poluidoras, caso estas existam.

A utilização do sistema de Bacia Hidrográfica como unidade de gestão dos recursos hídricos e ambiental possibilita a integração dos diversos fenômenos físicos, biológicos e sócio-econômicos que se desenvolvem dentro de sua área de abrangência. É portanto, com visão integradora e global da bacia e de sua problemática ambiental que se torna possível apontar diretrizes no sentido de solucionar e garantir o atendimento das demandas evitando assim que os recursos hídricos se transformem em fator limitante para o desenvolvimento de uma determinada região.

2.2 QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS

De acordo com Von Sperling (1996:11), o conceito qualitativo da água é muito mais abrangente do que a caracterização da água pela fórmula H_2O . A água por possuir propriedades solventes e a capacidade de transportar partículas, agrega a si muitos componentes os quais definem a sua qualidade.

Na natureza não existe água em estado de absoluta pureza, ou seja, isenta de substâncias estranhas ou organismos vivos. A água possui uma série de impurezas, que vão imprimir suas características físicas, químicas, bacteriológicas; sendo que a qualidade da água depende dessas características (Oliveira, 1978:25).

Segundo Branco (1991), a qualidade da água não se refere ao grau de pureza absoluto ou próximo deste, mas sim a um padrão mais próximo possível do natural da água, ou seja, como ela se encontra nas nascentes, antes do contato do homem.

Merten & Minella (2002) referem-se que o termo “qualidade de água” não se trata necessariamente ao estado de pureza da mesma, mas sim simplesmente as características físico-químicas e biológicas e dependendo destas características são determinados diversos destinos para a água. Desse modo as normas nacionais de uso da água contida na Resolução nº 020/86 do CONAMA procurou estabelecer parâmetros para definir os limites aceitáveis de elementos poluentes, levando em consideração os diferentes usos.

A qualidade da água de um determinado recurso hídrico é avaliada dependendo das substâncias presentes na água, para isso denominada de parâmetros de qualidade da água. Tais substâncias caracterizam as condições em que a água se encontra, para os mais variados usos, inclusive para sua preservação no meio ambiente.

A qualidade das águas superficiais depende do clima, da litologia da região, da vegetação que circunda as águas, do ecossistema aquático e da influência do homem. A ação antropogênica sobre o recurso hídrico é talvez a responsável pelas maiores alterações da composição da água. Porto et al (1991) considera que as alterações da qualidade da água representam uma das maiores evidências do impacto das atividades humanas sobre a biosfera.

As diretrizes para a avaliação da qualidade das águas brasileiras são estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, através da Resolução nº 020 de 18/06/1986 do CONAMA. Esta Resolução, dividiu as águas do território brasileiro três grandes categorias: águas doces, salobras e salinas. Em função dos usos preponderantes destas categorias foram estabelecidas 9 classes, sendo cinco destas destinadas para águas doces (Classe especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4), duas para águas salobras (Classes 5 e 6), e duas para águas salinas (Classes 7 e 8). Cada classe é avaliada por parâmetros de qualidade e indicadores específicos, de modo a assegurar a qualidade necessária para seus usos preponderantes. A Tabela 1 sintetiza as classes de enquadramento e os usos preponderantes dos recursos hídricos (águas doces).

A Resolução CONAMA n° 020/86, estabelece que “o enquadramento dos corpos d’água deve considerar não necessariamente seu estado atual, mas os níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade e garantir os usos concebidos para os recursos hídricos”. Desta forma, o instrumento de enquadramento é um objetivo a ser definido dentro de uma política de gestão dos recursos hídricos, visando estabelecer mecanismos para resolução dos conflitos de usos da água e dar suporte às medidas de controle, preventivas e corretivas, para assegurar a qualidade exigida.

TABELA 1. Classificação dos recursos hídricos – Águas Doces

Usos preponderantes	CLASSES				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico	Xa	Xb	Xc	Xc	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	X				
Recreação de contato primário		X	X		
Proteção das comunidades aquáticas		X	X		
Irrigação		Xd	Xe	Xf	
Criação de espécies (aquicultura)		X	X		
Dessedentação de animais				X	
Navegação					X
Harmonia paisagística					X
Usos menos exigentes					X

Notas: (a) sem prévia ou desinfecção simples (b) após tratamento simples; (c) após tratamento convencional; (d) hortaliças e frutas rente ao solo; (e) hortaliças e plantas frutíferas; (f) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

FONTE: Resolução CONAMA n° 20/86 Segundo os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000, desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE),

Segundo Mota & Aquino (2001), enquadramento é um instrumento para a preservação dos níveis de qualidade dos corpos de água, considerando que o bem-estar humano, a saúde e o equilíbrio ecológico aquático não podem ser afetados por consequência da deterioração da qualidade das águas

Os padrões de qualidade da água servem para regular e controlar os níveis de qualidade que podem ser mantidos no corpo hídrico, dependendo do uso que o mesmo está destinado. A utilização dos padrões de qualidade mantém a qualidade do curso hídrico ou define uma ação a ser realizada. Abron & Corbitt (1998), tratam os padrões de qualidade da água de modo mais complexo, referindo-se que norma é um processo e o critério faz parte da norma, reforçando que o critério deve ter suporte em informações científicas avaliadas no efeito dos poluentes na saúde humana, estética e ecossistema aquático.

Os critérios de qualidade da água tornam específicas as concentrações e limites de determinados parâmetros que interferem na vida aquática e na proteção da saúde do homem. Os padrões de qualidade dos corpos receptores estão inter-relacionados com os padrões de lançamento de efluentes, sendo objetivo de ambos os padrões a preservação da qualidade da água no corpo hídrico (von Sperling, 1998). Tal inter-relacionamento entre os dois padrões transcorre de que o efluente além de satisfazer os padrões de lançamento, deve proporcionar condições no corpo receptor de forma que a qualidade deste tenha um enquadramento dentro dos padrões para corpos receptores.

A Tabela 2 apresenta as principais variáveis de qualidade da água e os respectivos padrões, de acordo com a sua classe de enquadramento.

TABELA 2. Padrões de qualidade da água – Águas doces

Variáveis de Qualidade	Unidade	Padrões de Qualidade				
		Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Cor	uH	-	-	-	-	-
Turbidez	uT	-	40	100	100	-
Sabor e Odor		-	-	-	-	-
pH		-	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0
Oxigênio Dissolvido	mg/L	-	6	5	4	2
DBO	mg/L	-	3	5	10	-
DQO	mg/L	-	-	-	-	-
Nitrato	mg/L	-	10	10	10	-
Fosfato	mg/L	-	0,025	0,025	0,025	-
Sólidos Dissolvidos	mg/L	-	500	500	500	-
Coliformes Totais	NMP/100 mL	-	1000	5000	20000	-
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	-	200	1000	4000	-

FONTE: Resolução CONAMA nº 020/86

2.2.1 Variáveis de Qualidade dos Recursos Hídricos

A qualidade da água de um determinado recurso hídrico pode ser avaliada através das variáveis físicas, químicas e bacteriológicas, contemplando que tais variáveis possuem o objetivo de identificar as condições em que a água se encontra. A seguir são apresentadas as principais variáveis de qualidade da água e sua descrição sucinta.

Variáveis Físicas da Água

As características físicas da água estão relacionadas, principalmente com o aspecto estético da mesma. Estão incluídas nestas características: temperatura, cor, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais e odor e sabor. As variáveis físicas associam-se, na maioria das vezes, aos sólidos presentes (suspensos, dissolvidos ou coloidais).

Temperatura – é representada pela medida da intensidade de calor, constituída pela transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo). Como origem antropogênica, existem as águas de torres de resfriamento e despejos industriais (Von Sperling, 1996). Os corpos de água toleram variações de temperatura com flutuações climáticas normais (variações sazonais e diárias). A temperatura da superfície é influenciada pela estação do ano, circulação do ar, hora do dia, cobertura de nuvens, profundidade do corpo d'água, vazão, latitude e altitude (Von Sperling, 1996).

Cor – responsável pela coloração da água, constituída por colóides ou sólidos dissolvidos. De origem natural é derivada da decomposição de vegetais, já a origem antrópica deriva-se de resíduos de várias tipologias de indústrias e de esgotos domésticos (Von Sperling, 1996).

Condutividade elétrica – A condutividade elétrica é a capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Ela depende de suas concentrações iônicas e da temperatura. É fornecedora de boa indicação das modificações na composição de uma água,

especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

Turbidez - A turbidez apresentada nas águas é causada pela presença de materiais em suspensão tais como argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e organismos microscópicos, resultantes tanto dos processos naturais de erosão, como descarga de esgotos domésticos e industriais. Estes materiais ocorrem em tamanhos diversos, variando desde as partículas maiores que se depositam (tamanho superior a 1 μ) até as que permanecem em suspensão por muito tempo (como é o caso, por exemplo, das partículas coloidais). A turbidez excessiva diminui a penetração da luz na água promovendo a redução dos processos fotossintéticos dos organismos do fitoplâncton, algas e vegetação submersa. Os materiais depositados no fundo das coleções hídricas prejudicam os organismos bentônicos podendo eliminar locais de desovas de peixes e o “habitat” de insetos aquáticos e outros invertebrados, afetando, dessa forma, toda a cadeia trófica que se faz presente nas águas superficiais.

Sólidos Totais - A quantidade e a natureza dos sólidos nas águas é muito variável, abrangendo valores de 20 a 1.000 mg/L. Quanto à natureza, de maneira geral, são divididos em sólidos suspensos (resíduo não filtrável) e sólidos dissolvidos (resíduo filtrável). Os sólidos totais que representam a soma dos sólidos dissolvidos, mais sólidos suspensos, afetam a dureza da água e aumentam com o grau de

poluição. Em águas naturais, os sólidos suspensos estão constituídos por detritos orgânicos, plâncton e sedimentos de erosão. Os efeitos na vida aquática são indiretos, à medida que impedem a penetração de luz, reduzem o OD e induzem ao aquecimento da água. No controle de poluição de cursos d'água, o conhecimento da concentração dos sólidos suspensos é tão significativo quanto o conhecimento da DBO. Tanto os sólidos suspensos quanto os sólidos dissolvidos podem ser fixos ou voláteis. Dentro do resíduo fixo, encontra-se o predomínio de substâncias inorgânicas, enquanto o resíduo volátil constitui-se, principalmente, de matéria orgânica.

Odor e Sabor - De acordo com a Resolução CONAMA nº 020/86 a água de abastecimento não deve estar constituída de substâncias que acarretam odor ou sabor. O odor é reconhecido pelo olfato, tido como uma característica prejudicial para o consumo da água para atividades recreacionais ou abastecimento urbano. O sabor confere as mais variadas modalidades de gosto (amargo, doce, azedo e salgado).

Variáveis Químicas da Água

Demanda Bioquímica de Oxigênio: A DBO é usada como uma medida da quantidade de oxigênio requerida para oxidação da matéria orgânica biodegradável presente na água por ação bioquímica aeróbica. A demanda de oxigênio na água é exercida por três classes de materiais:

o matéria orgânica carbonácea usada como uma fonte de alimentos para organismos aeróbios, resultando CO_2 , H_2 e NH_3 .

- o matéria orgânica nitrogenada oxidável derivada de amônia, nitrito e compostos de nitrogênio orgânico, os quais servem como alimento para bactérias específicas (nitrosomonas e nitrobacter) resultando NO_3 , CO_2 , H_2O , SO_2 .
- o compostos químicos redutores como íon ferroso (Fe^{+2}), sulfito (SO^{2-}) e sulfeto (S^{2-}) os quais são oxidados pelo oxigênio dissolvido.

A determinação da DBO não revela a concentração de uma substância específica, e sim o efeito da combinação de substâncias e condições. A DBO, por si, não é um poluente, exercendo um efeito indireto, ou seja, causando a depleção de OD até níveis que inibem a vida aquática e outros usos benéficos. Nos locais onde a reaeração e ação fotossintética minimiza esta depleção, a DBO não interfere com os usos benéficos da água.

Demanda Química de Oxigênio: A DQO indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica e inorgânica. Estima o teor de matéria orgânica presente na água, da mesma forma que ocorre com a DBO, porém em condições bastante enérgicas. O teste da DQO, além de medir a matéria orgânica biodegradável, mede também a matéria orgânica não biodegradável. Oxida completamente uma grande parte de materiais orgânicos existentes na amostra, entretanto, uma pequena quantidade de componentes mais estáveis de alto peso molecular não é medida neste teste. Os elementos e compostos, que nas suas mais variadas formas, produzem efeitos sobre a flora e fauna (incluindo o homem), classificados como carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos que

não são degradados nos tratamentos e estão incluídos na DQO remanescente. A limitação de DQO é importante já que, com isto, estar-se-á limitando uma série de micropoluentes não qualificados neste teste, cujos efeitos podem ser extremamente danosos ao meio ambiente. Na legislação nacional não há limite estabelecido, entretanto sabe-se que em ambientes lênticos, uma DQO maior do que 10 mg/L pode prejudicar a vida aquática e para ambientes lóticos existe consenso de que níveis de DQO de até 30 mg/L são aceitáveis.

Oxigênio Dissolvido (OD) – A quantidade de oxigênio dissolvido em águas naturais é muito variável, sendo dependente da temperatura, salinidade, turbulência da água e pressão atmosférica. Por outro lado, as flutuações diurnas e sazonais, ocasionadas pelas variações de temperatura, atividade fotossintética e descarga dos rios, também influenciam na concentração de oxigênio dissolvido na água. Para os organismos aquáticos, são particularmente prejudiciais as variações de oxigênio dissolvido sendo a quantidade mínima do gás que permite a manutenção dos processos metabólicos, variável, dependendo da espécie e dentro da espécie, para cada indivíduo. Em quantidades mínimas de oxigênio dissolvido, podem manifestar-se condições de anaerobiose. A importância da concentração de oxigênio dissolvido nas águas refere-se às quantidades necessárias para manutenção da vida aquática. Com relação ao abastecimento público, uma concentração muito baixa de OD demonstra uma quantidade excessiva de matéria orgânica, o que é prejudicial, aos processos de tratamento de água, pela obstrução dos filtros, grande deposição de matéria nos tanques de decantação e possibilidade da formação de

trihalometanos pelo uso de cloro, principalmente o clorofórmio (substância carcinogênica e mutagênica). O oxigênio dissolvido representa um dos principais parâmetros para se avaliar a condição de qualidade de um curso de água, pois na ausência desse ou quando em baixas concentrações, pode-se dizer que, tem-se um rio “*morto*”.

Alcalinidade – é a quantidade de íons na água, retrata a capacidade da água de neutralizar os ácidos. De forma isolada a alcalinidade não possui importância como indicador da qualidade da água, embora não existindo muitas variações de interferência na parte operacional do tratamento de água. A água é alcalina quando a mesma possui elevada quantidade de bicarbonatos de cálcio e magnésio, carbonatos ou hidróxidos de sódio, potássio, cálcio e magnésio. A alcalinidade também contribui para a salinidade da água, tendo inclusive influência nos processos de tratamento da água. A alcalinidade em níveis moderados em águas de consumo humano, não possui representatividade sanitária, entretanto, concentrações elevadas, poderão alterar o sabor, tornando-o desagradável (Batalha & Parlato, 1977 apud Souza, 2001).

Cloretos - Os cloretos são provenientes da dissolução de cloreto de sódio, que em concentrações elevadas indica um sabor salgado à água, podendo também provocar reações fisiológicas ou aumentar a corrosividade da água. Os cloretos também podem ser indicadores de poluição por esgotos sanitários.

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

gases. Em águas naturais, o íon hidrogênio atua como um fator de controle da dissociação de várias substâncias. Uma vez que compostos não dissociados são freqüentemente mais tóxicos do que formas iônicas, o pH é um fator altamente significativo para determinar concentrações limite. A disponibilidade de muitas substâncias nutrientes varia com a concentração do íon hidrogênio. Alguns metais traços tornam-se mais solúveis com baixos valores de pH. Em condições de pH elevado, o ferro tende a tornar-se menos disponível para algumas plantas, e desta maneira, a produção de toda comunidade aquática pode ser afetada. Em correntes e cursos d'água o efeito mais significativo de valores extremos de pH é o provável efeito letal para peixes e outras vidas aquáticas. A faixa de pH permissível depende de uma série de outros fatores tais como temperatura, oxigênio dissolvido, aclimatação e o conteúdo de vários cátions e ânions. Nas águas para abastecimento humano, o pH é um parâmetro significativo, pois pode afetar o gosto e a eficiência do processo de tratamento contribuindo para a corrosão das estruturas de instalações hidráulicas e do sistema de distribuição. Um rápido aumento do pH ocasiona um acréscimo na concentração de amônia, que é tóxica.

Nitrato – Este composto ocorre em águas originárias de esgotos domésticos e industriais ou da drenagem de áreas fertilizadas, podendo ser indicador cronológico da carga poluidora (esgoto), dependendo do estágio em que se encontra. Concentrações elevadas de nitrato são responsáveis pela incidência de uma doença infantil denominada metemoglobinemia (ou cianose), provocadora da despigmentação da pele.

Fósforo: O fósforo é um elemento não metálico, que pode ocorrer em diferentes formas: orgânica, inorgânica e como espécies dissolvidas ou particuladas. É um nutriente essencial às plantas, sendo provável que atue também como um fator limitante do seu crescimento. Os fosfatos juntamente com nitratos são elementos indispensáveis à síntese da matéria viva e por isto são limitantes da fotossíntese quando se encontram em quantidades insuficientes. O fósforo está sujeito a bioacumulação da mesma forma que o mercúrio. Na água, a forma conhecida do fósforo varia continuamente devido a processos de decomposição e síntese entre formas ligadas organicamente e formas inorganicamente oxidadas. O fósforo é raramente encontrado em concentrações significativas na água, pois é ativamente utilizado pelas plantas. A regulação do conteúdo de fósforo em detergentes domésticos e critérios para estabelecimento das concentrações em efluentes de processo é estabelecida visando reduzir a eutrofização em sistemas aquáticos. Quando quantidades suficientes de compostos nitrogenados estiverem presentes na água, concentrações de fósforo acima de 0,1 mg/L deverão causar problemas pelo desenvolvimento de lodos e crescimento de algas, os quais afetam o uso das águas para abastecimento público, industrial e de recreação. Lagos com concentrações de fósforo total e nitrogênio total acima de 0,02 mg/L e 0,3 mg/L, respectivamente, são considerados eutrofizados. O fósforo só apresenta toxicidade ao homem, animais ou peixes em formas extremamente raras.

A presença de fosfatos acima dos padrões ambientais pode causar efeitos nocivos tais como:

- o eutrofização acelerada, com concomitante aumento de odores e gosto na água;
- o toxicidade sobre todos os organismos aquáticos especialmente peixes; e
- o prejudicar o tratamento da água, interferindo na coagulação, floculação e tratamento soda - cal.

Variáveis Biológicas da Água

A qualidade bacteriológica da água tem como base o teste de indicadores não-patogênicos, principalmente do grupo coliforme (Hammer, 1979 apud Souza, 2001), isso é devido ao fato de que as bactérias patogênicas, geralmente, não são quantificáveis em laboratório e a ausência de um tipo de bactéria não exclui a eventual presença de outras. As bactérias ou vírus patogênicos causadores de doenças no homem se originam da mesma fonte, isto é, pelas descargas fecais de pessoas contaminadas.

Coliformes totais e fecais: Os métodos bacteriológicos modernos permitem descobrir as bactérias patogênicas em águas residuárias e para abastecimento humano. No entanto, o exame sistemático da água para detectar a presença destes organismos implica em métodos sofisticados e onerosos. Por isso, prefere-se detectar microorganismos fecais que normalmente habitam o intestino. A ausência destes na amostra, indica uma provável ausência de organismos patogênicos. Os microorganismos mais comumente

empregados como indicadores de contaminação fecal, são as bactérias do grupo coliforme. Este grupo abrange todos os bacilos gram-negativos, não formadores de esporos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos, que fermentam lactose produzindo gás dentro de 24-48 horas a 35°C. O grupo coliforme é constituído de dois grandes gêneros: *Escherichia* e *Aerobacter*. Os coliformes fecais representam uma parte dos coliformes totais capazes de formar ácido e gás a partir da lactose em 24 ± 2 horas a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$. A espécie mais comum é a *Escherichia coli*, embora representantes termo-tolerantes do gênero *Klebsiela* possam fornecer resposta semelhante. São utilizados como medida mais precisa de contaminação fecal da água.

2.2.2 Índices de Qualidade da Água (IQA)

O índice de qualidade da água (IQA) é um número simples que expressa a qualidade geral da água em certo local e tempo, baseado em várias variáveis de qualidade da água. O objetivo de um índice é transformar dados de qualidade da água em informação que pode facilmente ser entendida e utilizada pela população. O uso de um índice para graduar a qualidade da água é motivo de controvérsia para especialistas da área, por não poder refletir uma situação real, quando a possibilidade da existência de alguma substância presente no meio e não contemplada no índice. Entretanto, um índice baseado em

algumas variáveis importantes, permite a população ter uma idéia geral dos possíveis problemas com a água em determinada região.

O IQA é decorrente de ensaios em laboratório, que como resultado final do índice permite classificar um determinado manancial em excelente a muito ruim. Assim os IQA's permitem que ocorram comparações entre diferentes cursos d'água, passando informações referentes a qualidade da água, inclusive em relação a tendência da evolução da qualidade com o passar do tempo (Ott apud Ide et al, 2000).

Segundo Ide et al. (2000, p. 2), a aplicação dos IQA's é ampla, e podem ser aplicados em vários campos, entre eles: alocação de recursos, comparação de condições ambientais em diferentes locais, legislação pertinente, verificação da degradação ou melhoria de qualidade, informação pública e pesquisa científica. Deus et al (1999) apud Volschan Jr. et al (2003) ressalta que um IQA tem como objetivo resumir o grande número de dados existentes, de modo que possibilite imediata interpretação e reconhecimento das tendências da qualidade da água, ao longo do tempo e do espaço. Para Volschan Jr. et al (2003) o IQA é um instrumento muito útil para avaliar o desempenho de programas de controle da poluição, servindo como indicador para auxiliar a alocação de recursos nas diferentes áreas geográficas e para determinar prioridades. Porto (1991) descreve que os IQA's são muito úteis na transmissão de informações a respeito da qualidade da água, podendo dar uma idéia geral da tendência de evolução da qualidade ao longo do tempo. Quanto maior for o valor do IQA, melhor será a qualidade da água. Segundo Silva et al. (1999), os índices de

qualidade da água foram propostos visando sintetizar as variáveis analisadas em um único valor numérico relacionado a um conceito de qualidade, representando a condição e evolução da qualidade da água no tempo e no espaço, localizando a poluição, além de serem utilizadas inclusive como meio de comunicação entre profissionais e o público leigo.

Geralmente os dados gerados por programas de monitoramento ambiental resultam informações técnicas de complexa compreensão por parte da comunidade, em geral. Portanto, a aplicação e adoção de índices de qualidade da água facilita a compreensão do público alvo sobre os problemas dos recursos hídricos, das condições da água de um curso d'água, devido sua forma de apresentação ser simplificada (Bendati et al., 2000).

Para Mattos & Von Sperling (1999) apud Volschan Jr. et al., (2003), citam que para o desenvolvimento de um índice de qualidade de águas é necessário que sejam consideradas as seguintes etapas:

- o Selecionar os parâmetros, nos quais o índice está baseado;
- o Determinar o peso desses parâmetros de acordo com sua importância relativa no índice geral;
- o Estabelecer uma escala de avaliação para cada parâmetro, relacionando com valores medidos em campo com a qualidade, ou um índice individual, para cada parâmetro e;
- o Escolher uma fórmula de agregação, que tenha a capacidade de reunir as qualidades individuais no índice global.

Índice NSF - a estrutura do índice de qualidade da água foi desenvolvida pela “National Sanitation Fundation – NSF” dos Estados Unidos da América (Brown et al, 1970) com base no método DELPHI, uma técnica de pesquisa de opinião que pode ser utilizada para extrair informações de um grupo de profissionais, buscando maior convergência nos dados dos parâmetros. O tratamento dos dados da mencionada pesquisa definiu um conjunto de nove variáveis, consideradas mais representativas para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A cada variável foi atribuído um peso, de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA, e traçadas curvas médias de variação da qualidade das águas em função da concentração do mesmo. Os valores do índice variam de 0 a 100, identificando os seguintes níveis de qualidade: Excelente (100 a 91), Bom (90 a 71), Médio (70 a 51), Ruim (50 a 26) e Muito Ruim (25 a 0). Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

Inicialmente foi proposta uma formulação aritmética, isto é, uma soma linear dos produtos entre cada subíndice e seu respectivo peso IQA-NSF (Somatório). Entretanto, tal formulação apresenta problema de eclipsamento, que ocorre quando um resultado do IQA satisfatório é obtido ainda que a análise de uma das variáveis resulte na pontuação nula ou insatisfatória (Volschan et al, 2003). A partir desta restrição foi elaborada uma formulação multiplicativa, onde os pesos relativos das variáveis tornam-se potência dos subíndices. A formulação

multiplicativa apresenta maior sensibilidade em refletir situações globais de baixa qualidade da água, como os efeitos decorrentes de uma ou duas variáveis de qualidade da água mais pobres.

O IQA - NSF é muito utilizado no Brasil, sendo verificadas a realização de adaptações buscando-se uma melhor representatividade, frente às características locais das áreas de estudo. Ide et al (2000), avaliaram a qualidade dos corpos hídricos utilizando diferentes índices de qualidade da água, sugerindo que os índices NSF* (produtório) e Smith foram os que melhor refletiram a realidade regional. O Comitê de Preservação, Gerenciamento e Pesquisa da Bacia do Rio dos Sinos – COMITESINOS, adaptou o índice NSF* (produtório), visando atender às condições e às necessidades regionais (COMITESINOS, 1990). O COMITESINOS (1990) aponta que o IQA indica de modo sintetizado a qualidade da água. Uma das vantagens de seu uso para determinar a qualidade da água é a uniformidade de critérios para apresentação à opinião pública, com possibilidade de comparação relativa entre os sistemas hídricos.

Gastaldini (1998) realizou um estudo comparativo de diferentes índices de qualidade da água para avaliar a qualidade da água de um reservatório anteriormente e concluiu que os índices utilizados descrevem de modo eficaz a qualidade da água e apresentam as mesmas tendências, no âmbito geral.

Silva et al (1999) realizaram um estudo comparativo de cinco diferentes índices de qualidade: IQA-NSF* (produtório), HORTON, McDUFFIE, PRATI, DINIUS e HARKINS. Os autores concluíram que quatro dos cinco índices representam bem a qualidade da água do

rio Paraíba, pois mostraram variações a cada ponto, principalmente o IQA-NSF* (produtório). O Índice de Horton é o que pior representa a situação observada, por ser um índice impreciso e não adequado às condições brasileiras (como, por exemplo, adotar “população servida por tratamento de esgoto” como subíndice).

O Índice de Prati – Prati, Pavanello e Pesarin (citados por Ott, 1978) propuseram este índice para as águas superficiais, tal índice baseia-se nos sistemas de classificação da qualidade da água utilizado em países europeus e alguns estados americanos. O referido sistema de classificação envolve 13 variáveis (OD, pH, DBO, Nitrato, Cloreto, Carbono Orgânico Total, DQO, Permanganato, Sólidos Suspensos, Ferro, ABS, Manganês e Amônia Gastaldini & Teixeira (2001).

As variáveis sub-índices devem ser calculadas por funções matemáticas explícitas. O índice de Prati é calculado como a média aritmética dos 13 sub-índices. Possui variação de 0 a 14, quanto maior o respectivo valor pior a poluição.

Índice de Harkins – Utiliza o procedimento de classificação não paramétrica, inicia ordenando as observações para cada variável poluente, incluindo um valor controle que normalmente é um padrão de qualidade da água. O índice é calculado para cada observação através da soma dos quadrados das transformações das “n” variáveis poluentes.

O índice de Harkins é um índice relativo, seus valores não podem ser universalmente interpretados como boa ou má qualidade da água, nem podem ser comparados com índices produzidos em outros casos.

É um índice baseado em método estatístico Gastaldini & Teixeira (2001).

Índice de Horton – Usa uma escala numérica para representar as variações na qualidade da água. Selecciona 8 parâmetros de qualidade da água (OD, CF, pH, Condutividade, Alcalinidade, Cloreto, Carbono Orgânico Total e tratamento de esgoto, atribuindo a cada um deles um peso, que varia de 1 a 4, conforme sua importância relativa para a qualidade do corpo hídrico. Os valores dos sub-índices são dados por funções passo. Seu índice de qualidade usa como função de agregação à forma aditiva com pesos Gastaldini & Teixeira (2001).

Sabbag et al (2003) fizeram o levantamento das redes de monitoramento da qualidade da água, inclusive o levantamento dos laboratórios que realizaram as análises ambientais no Brasil. Baseados no levantamento das informações apresentaram a situação das redes de monitoramento da qualidade da água de alguns Estados brasileiros (Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná e Distrito Federal). Na totalidade destes Estados as análises foram avaliadas segundo o IQA-NSF* (produtório).

Almeida & Schwarzbald (2003) avaliaram a qualidade das águas do Arroio da Cria (Montenegro, RS) utilizando o IQA-NSF* (produtório). Os valores do IQA encontrados variaram de 44,8 a 72,9. Os autores concluíram que existem diferenças na qualidade da água devido à natureza e a densidade da ocupação, predominando os despejos orgânicos domésticos e industriais, a significativa parcela de solo desprotegido de cobertura vegetal. Também os mesmos autores consideram o IQA uma ferramenta utilizada nas suas mais variadas

formas como metodologia integradora, pois transforma várias informações em somente um resultado numérico.

2.3 A POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Conforme Mota (1981:34-35), existem muitos mecanismos de poluição das águas (superficiais e sub-superficiais) no meio ambiente, entre eles podemos destacar as principais fontes poluidoras: lançamento de esgotos domésticos (sanitários), lançamento de esgotos industriais, lançamento de águas pluviais, lançamento direto de detritos e introdução de águas salgada, de escoamento superficial, entre outros. Tais processos alteram a qualidade da água, muitas vezes, podem ser inutilizadas para o consumo humano e outras modalidades de vida.

Moraes (1999), salienta que baixa cobertura do saneamento básico, principalmente no meio urbano, aparece como um problema de grande relevância, resultando em esgotos “*in natura*” uma causa significativa da contaminação dos cursos d’água do território nacional, bem como a exploração mineral, os dejetos industriais e a grande quantidade de produtos químicos do setor agrícola são fatores que contribuem em muito, no processo de “morte social dos rios”. Na mesma linha de raciocínio, Boucinhas (1995) ressalta que a poluição hídrica é agravada ainda mais pelo despejo direto de uma significativa parte dos esgotos coletados, em decorrência de não existir um sistema de interceptação e tratamento dimensionado para a demanda existente.

De acordo com a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que trata sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, define poluição como sendo a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades

que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, afetem a biota, afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, criem condições adversas às atividades sociais e econômicas e, lancem matérias ou energias descordando com os padrões ambientais estabelecidos pelas leis (Mota, 1995). Quando a poluição de um determinado recurso hídrico acarreta prejuízos para a saúde humana, diz-se que houve contaminação, esta é um caso particular de poluição. Determinada amostra de água está contaminada quando adquiriu microorganismos patogênicos ou produtos químicos que possam resultar em afeito maléfico ao ser humano.

Segundo Moraes (1999), a visão de irracionalidade, de que os recursos hídricos são depósitos de resíduos e dejetos e como condutores naturais de escoamento e dispersão de lixo. Tal situação demonstra seu limite regenerativo e o Brasil apresenta muitos rios, lagoas e lençóis subterrâneos destruídos, sendo necessário custos elevados para sua recuperação. A relação de lixo e recursos hídricos (se praticada) é uma das condições da insustentabilidade, sendo um recurso vital para a reprodução da sociedade atual e para as gerações futuras.

Nos países em desenvolvimento a degradação da qualidade dos corpos hídricos está diretamente relacionada à poluição orgânica. A ocupação e o uso desordenados do solo, associados à falta de implantação dos serviços de saneamento básico promovem a degradação crescente destes recursos naturais.

No Brasil, as políticas do governo para o setor de saneamento básico, até a década de 60, possuíam medidas esporádicas e em determinados locais, às vezes devido às demandas dos bens e serviços causados pelo crescimento populacional no meio urbano. O atendimento por parte dos municípios foi precário, e a falta de investimentos resultou em altas taxas de mortalidade infantil e conseqüentemente na deterioração sanitária.

Durante o período de 1964 a 1985, os recursos do setor de saneamento básico passaram a ser gerenciados pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), que pelo Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) incentiva a criação de companhias estaduais, em forma de economia mista e a concessão dos serviços pelos municípios aos estados. Este Plano tinha como meta principal encaminhar soluções para excluir o deficiente abastecimento de água e do esgotamento sanitário no país. Nos anos 80, a acirrada crise econômica e a adoção de um poder centralizado no Banco Nacional de Habitação, resultaram numa política seletiva que privilegiava as grandes empresas estaduais em relação às prefeituras municipais e interesses locais. Assim, os repasses dos recursos eram condicionados à concessão dos serviços aos governos estaduais, inviabilizando muitos serviços locais de saneamento básico.

A atual realidade brasileira aponta para a necessidade urgente de reverter o déficit de saneamento básico, visando a proteção dos recursos hídricos e melhoria da qualidade de vida da população. A Tabela 3 apresenta o resumo da pesquisa realizada, demonstrando o

quadro crítico do saneamento no país, tendo como conseqüências a poluição dos recursos hídricos.

TABELA 3. Distritos com algum tipo de serviço de saneamento básico.

Grandes Regiões Brasileiras	Rede de Água	Rede coletora de esgoto	Limpeza urbana e coleta de lixo	Drenagem urbana
Brasil (9848)*	8.656	4.097	8.381	5.758
Norte (607)*	512	35	512	245
Nordeste (3084)*	2.550	933	2.714	1.417
Sudeste (3115)*	3.008	2.544	2.846	2.256
Centro-Oeste (700)*	619	84	563	337
Sul (2342)*	1.967	501	1.746	1.503

* Total de Distritos

FONTE: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, IBGE (2000:67).

Entre os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário é o que possui menor representatividade no montante das grandes regiões brasileiras, totalizando 4.097 ocorrências. No ano de 2000, dos 5.507 municípios, 52,2% destes eram servidos com serviços de esgotamento sanitário, salientando que este não acompanhou o crescimento, pois em 1989, não tinha atingido 50%.

Comparando-se a rede de distribuição de água no Brasil (8.656) com a rede coletora de esgoto (4.097) e, na totalidade das cinco grandes regiões, a primeira mantém-se sempre superior à rede coletora de esgoto.

Existe uma grande disparidade nas grandes regiões brasileiras, no que se refere ao esgotamento sanitário brasileiro, pois no Norte do país perfazem 92,9% dos municípios sem coleta de esgoto, já o

Sudeste apresenta uma deficiência de 7,1% do esgoto tratado e coletado, porém em contrapartida nesta Região somente 1/3 dos municípios possuem condição adequada de esgotamento sanitário.

Ainda segundo os dados da PNSB (IBGE, 2002) somente 38% dos municípios brasileiros promovem a coleta de esgotos domésticos e um percentual ainda menor, 10%, realizam tratamento adequado dos mesmos. Conseqüentemente, como o esgotamento sanitário e o tratamento do esgoto coletado são precários, o destino final do esgoto sanitário contribui cada vez mais para o deficiente cenário de tal serviço.

Dos Distritos brasileiros sem tratamento de esgoto sanitário coletado 84,6% despejam as cargas poluidoras nos rios, salientando os distritos das regiões Norte e Sudeste as responsáveis por tal ocorrência. Nos municípios onde não existe nenhum tipo de tratamento do esgoto produzido é lançado “*in natura*” nos corpos hídricos ou no solo, promovendo a degradação da qualidade da água que é utilizada para diversos usos.

Atualmente, o panorama apresentado pela maioria dos municípios brasileiros é a impossibilidade da utilização dos recursos hídricos que drena a área urbana para os diversos fins. Os lançamentos inadequados de esgotos sanitários e resíduos sólidos promovem a contaminação crescente das águas, transformando-se em um grande problema de saúde pública.

Na Europa, durante o século 19, houve um aumento considerável do número de esquemas de reaproveitamento, onde a poluição de muitos rios tinha atingido níveis inaceitáveis (Hespanhol & Prost,

1994). Em 1965, o primeiro registro da Comissão Real sobre a distribuição de esgoto na Inglaterra, oficialmente aprovava esta prática “a melhor forma de eliminar a água sanitária da cidade é através da aplicação regular na terra, desta maneira a poluição do rio é evitada” (Hespanhol & Prost, 1994). Contudo, o aumento do volume de água sanitária é uma consequência do crescimento das cidades, o desenvolvimento dos sistemas de esgoto no começo do século 20 e a falta de execução de uma lei sobre o controle da poluição da água, levou a uma significativa redução do uso da água sanitária para irrigação, além de outros fatores também contribuíram para o declínio (Hespanhol & Prost, 1994).

Nos países desenvolvidos ou em desenvolvimento existe uma maior preocupação com a poluição dos recursos hídricos. Na América Latina, principalmente devido à implantação de programas de educação ambiental tem sido notável o aumento desta preocupação (Von Sperling, 2000a). Ao se abordar a questão da poluição dos ambientes aquáticos é conveniente observar que os diversos usos da água estão associados a certos requisitos de qualidade, ou seja, existe uma clara vinculação entre poluição e uso (Von Sperling, 2000a).

Conforme dados da UNESCO (UNESCO apud Von Sperling, 2000a) é listado o Paraguai como o único país a apresentar a escassez econômica de água. Tal avaliação de escassez indica aqueles países que potencialmente dispõem de recursos hídricos, porém terão que engajar recursos e esforços para ter acesso aos mananciais de boa qualidade.

Países como a Bolívia, Honduras, Nicarágua, Peru, Venezuela, Colômbia, entre outros inclusive o Brasil, os mais favorecidos com recursos hídricos, porém sujeitos a restrições de uso. Já os países como Argentina, Cuba, Equador, Uruguai, entre outros possuem uma vasta rede de drenagem fáceis de serem explorados.

Os principais fenômenos poluidores são: contaminação provocada pelo lançamento de águas residuárias domésticas e industriais sem o tratamento prévio. No caso dos esgotos domésticos os principais contaminantes são a matéria orgânica (em termos de DBO), e organismos patogênicos, destacando vírus, protozoários e bactérias.

Em regiões onde predominam atividades agrícolas uma atenção maior vem sendo dedicada à questão da poluição difusa. Tal poluição é uma preocupação dos países desenvolvidos, no que se refere à qualidade das águas, sendo que os problemas de fontes pontuais estão controlados. Depois da Conferência Ambiental Rio-92, foi proibido o uso de determinados biocidas implementado na América Latina (Von Sperling, 2000a, p. 2).

Goldschmidt, Jr. et al (1995) realizaram uma análise físico-química e bacteriológica do Arroio Cadena (Santa Maria, RS) e verificaram que o mesmo apresentava elevados teores de contaminação, provavelmente decorrentes de esgotos humanos lançados diretamente, sem tratamento adequado, nos recursos hídricos. Tal contaminação, quando analisada no corpo hídrico localizado em zona rural, decresce significativamente.

Santos (2001) ressalta que os coliformes fecais têm sido parâmetro de comprometimento da água à poluição por fezes humanas e animais, sendo utilizados convencionalmente como critério de risco da água ao consumo humano. E que as principais fontes responsáveis pela carga poluidora de coliformes fecais são: população, criação de animais e os resíduos sólidos domésticos.

Tundisi et al. (1999) apud Macina & Mendonça (2000) enfatizam que o intenso uso da água e a poluição gerada são fatores contribuintes para agravar sua escassez e resulta na necessidade crescente de acompanhamento da qualidade da água.

Segundo Júnior (2001), a falta de saneamento básico, planejamento ambiental; o crescimento demográfico, o crescente uso da água na agricultura e na indústria, o uso de agrotóxicos, o desmatamento em áreas de preservação permanente, a ocupação e poluição de áreas de mananciais, a especulação imobiliária, a produção de lixo, todos esses fatores levam a crer que futuramente a curto prazo irá faltar água no Planeta.

Gastaldini & Irion (2001) avaliaram as principais fontes de poluição na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí - RS, objetivando quantificar e localizar as cargas poluidoras potenciais atuais visando implementar ações para a gestão das águas. Os autores avaliaram várias tipologias de cargas potenciais atuais: esgotos domésticos (urbanos e rurais), resíduos sólidos (urbanos, rurais, industriais), drenagem pluvial rural (atividade de pecuária), drenagem pluvial rural (irrigação e mata nativa) e efluentes líquidos industriais. A geração de carga total mais representativa foi em decorrência da poluição pelos

animais de pequeno e grande, sendo responsáveis por 78% da carga total de coliformes fecais e em segundo plano pelos esgotos sanitários com 22%.

Avalia-se a inter relação do padrão de lançamento, tanto para esgotos domésticos quanto para efluentes industriais através do estudo da diluição necessária no corpo receptor.

A legislação ambiental para o lançamento de efluentes líquidos e para a qualidade das águas de corpos receptores é inquestionavelmente um essencial instrumento norteador das estratégias de ações de controle da poluição, a nível do poluidor e órgãos ambientais.

No Brasil, a escassez de recursos tem causado um afastamento entre o atualmente praticado e o desejado, por parte de poluidores particulares e públicos, bem como pelos próprios órgãos ambientais estaduais, estes devido à falta de estrutura de fiscalização (Von Sperling, 1998).

A tendência da urbanização prossegue elevada agravando os problemas de saneamento e degradação ambiental nos centros urbanos. A deterioração da qualidade das águas dos corpos receptores foi um testemunho de que a lei ambiental emana do setor público e não foi capaz de captar recursos para melhorar o meio ambiente.

A Resolução CONAMA nº 020/86 é a principal vigente na área de controle da poluição dos recursos hídricos, sendo constatado que tal Resolução apesar de sua incontestável importância não foi suficiente para alcançar o processo (o elemento norteador ou mesmo catalisador de controle dos efluentes líquidos) de controle da poluição hídrica.

A poluição da água, as mudanças hidrográficas e estruturais comprometem a qualidade de um recurso hídrico e ocasionam alterações na biota aquática.

O resultado do monitoramento desta forma refletiria os impactos das atividades econômicas na bacia hidrográfica e permitiria que fossem identificadas as mudanças de qualidade das águas e os agentes responsáveis por essas alterações, contribuindo para que fosse possível avaliar as modificações decorrentes da implantação desse monitoramento (Ganzeli, 1995).

A recuperação da qualidade da água depende diretamente do tratamento dos elementos gerados pelas atividades urbanas e industriais, inclusive das cargas difusas urbanas e rurais.

A necessidade de reverter a tendência de crescimento da demanda e da poluição hídrica na Bacia exige a criação de um conjunto de medidas que orientem a localização das atividades urbanas, rurais e industriais e ordenem a utilização dos recursos hídricos, possibilitando a redução do consumo e poluição da água. Para tanto, é necessário estabelecer índices de qualidade e demanda de águas para cada tipo de atividade (Ganzeli, 1995).

De acordo com Davis & Cornweel (1991, p. 262), a qualidade da água em rios é caracterizada pelas fontes de uso em que a mesma está destinada. Em várias regiões do mundo, os poluentes gerados pela atividade humana tem tornada a qualidade da água degradada, tornando os rios aproveitáveis para os usos menos nobres.

2.4 MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A avaliação da qualidade da água de um corpo hídrico é de fundamental importância para traçar diretrizes que visam a sua adequação frente aos requisitos de qualidade para usos específicos definidos nos processos de enquadramento estabelecidos na Resolução do CONAMA nº 20/86 (CONAMA, 1986). Em se tratando da avaliação da qualidade da água deve-se abranger os aspectos quantitativos dos recursos hídricos, devido a indissociabilidade de ambos.

Gastaldini & Mendonça (2001, p.431) descrevem que o conhecimento do regime hidrológico é fundamental para a discussão sobre análises de qualidade da água e dos impactos de lançamentos de efluentes sobre corpos receptores.

Silveira, Tucci & Silveira (1998) afirmam que no âmbito do controle ambiental, o conhecimento do escoamento é fundamental para avaliar a qualidade da água de pequenos rios, decorrentes de cargas pontuais e difusas. Para se fazer uma estimativa das condições ambientais que estão sujeitas a tais cargas poluidoras, é fundamental se conhecer as vazões de estiagem do rio.

O sistema de monitoramento de bacias hidrográficas possibilita que se faça uma avaliação contínua e de forma eficiente do complexo ambiental. É inclusive uma ferramenta útil para o gerenciamento e tomada de decisões sobre o meio ambiente, uma vez que o mesmo está baseado em fatores ecológicos em constantes transformações.

Para Tucci (1993a) apud Morais (1997), o planejamento da ocupação de uma bacia hidrográfica é necessário em uma sociedade com usos crescentes da água, a tendência da atualidade é para o desenvolvimento sustentado de bacias hidrográficas, isso implica em aproveitamento racional dos recursos naturais, afetando o mínimo possível o meio ambiente.

Segundo Cruz (2001) a variação das vazões podem ser medidas inclusive em termos da curva de permanência das vazões que se refere a relação entre a magnitude e a frequência das vazões. As vazões de menor duração, são as decorrentes da passagem dos eventos de chuva, e as mais frequentes se referem aos períodos de estiagem, ou seja de menor magnitude. A curva-chave relaciona o nível d'água (cota) e a vazão (descarga) que escoar livre no leito do rio. A mesma permite também calcular a descarga que corresponde a certa altura de lâmina de água, devendo ser realizada a partir de uma série de medições de descargas (Silveira et al., 1997).

Para o monitoramento hidrológico quantitativo também pode ser realizado a partir de estruturas hidráulicas (Calhas do tipo Parshall – de fundo raso), estas são usadas para suprir dificuldades naturais devido à susceptibilidade do solo a erosão. Reetz (2002) utilizou as Calhas tipo Parshall para a obtenção da vazão diretamente da verificação do nível da água, por meio da leitura diária da régua. Paralelo a este realizou medições de vazões com o sensor Nautilus, pelo método área/velocidade. Posteriormente com a geração dos dados obtidos nos dois métodos, foi possível comparar as curvas-chave reais com a curva-chave teórica.

Para Silveira, Robaina, Giotto & Dewes (1998) a vazão natural de um corpo hídrico é uma grandeza de difícil avaliação devido à ação antrópica onde o homem provoca ou desenvolve a degradação ambiental da superfície e dos recursos naturais, captação hídrica, despejo de águas servidas e alteração do curso natural das águas. Assim, os regimes de escoamento observados na grande maioria dos recursos hídricos, apresentam uma situação resultante de uma série de processos de intervenções, às vezes irreversíveis.

Arnold e Orlob, 1989; Hayes, 1990; Câmara et al., 1990; Azevedo et al., 1994; Azevedo, 1994 (citados por Azevedo e Porto, 1998) são enfáticos em afirmar que o gerenciamento integrado dos recursos hídricos abrange a consideração conjunta de aspectos de quantidade e qualidade de água.

Von Sperling (1996) coloca que para realizar a avaliação do impacto da poluição e da eficácia das medidas de controle é imprescindível quantificar as cargas poluidoras afluentes no corpo hídrico. Portanto, são necessários levantamentos de campo, medição de vazões, amostragens de poluentes, análises de laboratório, entre outros.

Cruz (1997) apud Silveira et al (1998) aborda que a integração entre os aspectos quali-quantitativos da água é de fundamental importância, que não se pode pensar em qualidade da água - concentração - sem um correlacionamento com a quantidade, sujeitando-se a mascarar as alterações que realmente ocorrem na quantidade de um corpo d'água.

Segundo Ide et al. (2000) a qualidade insatisfatória da água é realidade de muitos mananciais do território brasileiro. Para tanto, o monitoramento da água é fator imprescindível para a determinação da qualidade e do tratamento, com o objetivo de atender as condições do meio ambiente, as necessidades da sociedade e da economia, além das exigências estabelecidas pela legislação vigente.

Von Sperling (2000b) analisa que a relação quantidade-qualidade da água para o gerenciamento dos recursos hídricos é uma atividade muito complexa devido à degradação de sua qualidade (contaminação, eutrofização, assoreamento, acidificação), a existência de conflitos entre os diversos usos e requisitos de qualidade e a necessidade de monitoramento para a avaliação dos aspectos de quantidade e qualidade da água. Este aspecto pode ser explicado pelo potencial de reaeração turbulenta, necessária para combater as perdas de oxigênio decorrentes da decomposição da matéria orgânica (contaminação) e facilitando a deposição de material mineral (assoreamento). Desse modo, constata-se a marcante relação que existe entre o processo poluidor (qualidade da água) e o componente hidrológico (quantidade da água), ficando evidenciada a conveniência de uma interação de ambos os aspectos e processos.

Coimbra (1991) apud Bessa, Nogueira & Araújo (2000) enfatizam que o monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos se constitui em um poderoso instrumento, que possibilita a avaliação da oferta hídrica, bases das decisões do aproveitamento múltiplo e integrado da água, inclusive para a minimização de impactos ao meio ambiente.

Silveira et al (2003) ressaltam que a indissociabilidade dos aspectos quali-quantitativos é fundamental para compreensão dos impactos, devido à amplitude de variação de vazões em pequenas bacias onde uma mesma carga pode ser diluída. Os autores verificaram que mesmo para vazões de pequena magnitude da $Q_{50\%}$ à $Q_{95\%}$, ocorreu significativa variabilidade da classe de enquadramento do corpo hídrico estudado.

Segundo Von Sperling (2001) os programas de monitoramento visam principalmente: conhecer as características do corpo hídrico, identificar eventuais problemas, avaliar os efeitos de medidas de recuperação, verificar a conformidade da qualidade com o uso previsto no enquadramento, comparar a situação atual da qualidade frente aos requisitos e recomendações vigentes e também buscar a compreensão das diversas relações de causa e efeito, muitas vezes não percebidas mediante uma simples avaliação ou comparação de resultados. O autor aponta como principais componentes básicos de um programa de monitoramento: a definição dos pontos de coleta, das variáveis a serem analisadas e da periodicidade da amostragem.

Agudo et al (1987) enfatizam que o planejamento é uma etapa fundamental no estabelecimento de um programa de monitoramento. O período e a frequência de coleta das amostras devem ser definidos previamente de acordo com os objetivos do estudo. Von Sperling (2001) complementa que um programa de monitoramento dos recursos hídricos tropicais deve ser estabelecido considerando-se dois períodos, devido a sazonalidade (períodos chuvosos e períodos de estiagem) e não unicamente seguindo-se uma não apropriada

homogeneidade temporal, e também devido à prevalência de temperaturas elevadas durante maior parte do tempo, promovendo uma aceleração nos processos físicos, químicos e biológicos.

Agudo et al. (1987) ressaltam a importância da localização do ponto de amostragem para se conseguir uma amostra que melhor represente a situação real do corpo hídrico. Os autores descrevem que a amostragem em pequenos mananciais superficiais deve ser feita a montante e a jusante das fontes poluidoras, com a inclusão opcional de pontos adicionais para avaliar o grau de poluição ou assimilação de carga orgânica ao longo do trecho em estudo.

Von Sperling (2001) sugere que no estabelecimento de um programa de monitoramento de mananciais de superfície, deve adotar as variáveis de qualidade que possibilitem informações fundamentais, tais como:

- Variáveis de caracterização genérica da água: temperatura, turbidez, pH, cor;
- Variáveis para avaliação do grau de oxigenação e da contaminação orgânica da água: oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio;
- Variáveis para avaliação da presença de sólidos na água: sólidos suspensos;
- Variáveis para avaliação de nutrientes na água: ortofosfato, nitrogênio amoniacal e nitrato;
- Variáveis para avaliação de sais na água: cloretos;
- Variáveis para verificação de elementos-traço: óleos e graxas, fenóis, arsênio, cádmio, cromo, ferro, manganês e mercúrio;

- Variáveis de caracterização biológica: fitoplâncton e clorofila.

Vários autores, entre eles Pereira apud Pereira & de Luca (2000), Coimbra apud Bessa, Nogueira & Araújo (2000), Bendati et al., (2000), Macina & Mendonça (2000), Souza & Florêncio (2000), Silva & Sacomani (2001), dissertaram com enfoque para a avaliação da qualidade da água através dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos.

Oliveira, Morais & Serzedelo (2000) ressaltam que o monitoramento ambiental requer uma abordagem holística dos problemas para atuar naqueles mais significativos à degradação dos sistemas naturais e para que o monitoramento seja eficiente é necessário estabelecimento de estratégias de amostragem e números amostrais reais e simultaneamente possíveis de serem monitorados pela estrutura existente, parâmetros significativos para determinação da qualidade e verificação das ações de enquadramento e cobertura de toda a rede hidrográfica enfocando os múltiplos usos conflitantes do corpo hídrico.

Pereira & De Luca (2000) salientam que quando existe a necessidade de realizar estudos específicos referentes à qualidade da água para avaliação da contaminação de corpos hídricos, realização de diagnósticos, dependendo do uso da água e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica podem ser estudados outros parâmetros. Mas os parâmetros essenciais a serem estudados são a Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido (Souza & Florêncio, 2000).

Gastaldini et al (2002) realizou o diagnóstico atual e a previsão futura da qualidade das águas do Rio Ibicuí utilizando como variáveis principais o oxigênio dissolvido, a demanda bioquímica de oxigênio e coliformes fecais. Os resultados apontaram baixo conteúdo orgânico, com elevados valores para o oxigênio dissolvido e baixos valores para a demanda bioquímica de oxigênio, os coliformes fecais apresentaram valores inferiores a 1000 NMP/100 mL, tendendo a aumentar em direção à foz. A previsão futura foi baseada na vazão crítica $Q_{7,10}$ (vazão de estiagem, representada pela vazão mínima média de sete dias e período de retorno de dez anos) e o incremento das cargas poluidoras na bacia hidrográfica em um período de 10 anos.

Silva & Sacomani (2001) avaliaram a qualidade das águas do Rio Pardo (Botucatu-SP) através dos indicadores físico-químico, coliformes e espécies químicas de amostras. As variáveis analisadas foram pH, condutividade, turbidez, temperatura da água e do ar, DBO, DQO, fosfato total, entre outros. Os autores concluíram que as variáveis utilizadas são muito eficientes a avaliação, sendo verificado uma pior qualidade da água na estação de chuvas. Estas são causadas por matéria orgânica, nutrientes originados de fontes antropogênicas e condutos de águas residuárias municipal, afetando a qualidade e a hidroquímica da água do rio.

Na área de estudo, alguns trabalhos foram realizados a respeito do monitoramento do Arroio Cadena, entre eles: Cargnin et al (2002) que realizaram o monitoramento microbiológico das águas do Arroio Cadena, Santa Maria – RS, no período de setembro de 1998 a maio de 2001. O objetivo deste trabalho foi a determinação do índice de

contaminação e poluição ambiental no curso do referido arroio e a determinação dos riscos que representa para a população como veículo de transmissão de microorganismos patogênicos. Foram realizados testes quantitativos (coliformes fecais e coliformes totais) e determinação de microorganismos mesófilos aeróbicos. Os resultados referentes aos testes colimétricos excederam os níveis toleráveis estabelecidos pelo CONAMA, evidenciando a contaminação das águas por fezes humanas e/ou animais. Quanto aos microorganismos mesófilos aeróbicos os resultados obtidos foram muito elevados, concluindo que as águas do Arroio Cadena representam sério risco à saúde pública.

Outro trabalho realizado pelos mesmos autores Cargnin et al (2002) foi o Índice Colimétrico e bactérias Isoladas nas Diferentes Estações do ano entre 1998 a 2001, no Arroio Cadena – RS. A pesquisa teve como objetivos verificar se ocorreu variação nos índices colimétricos e na presença de bactérias em sete pontos diferentes de coleta no arroio, nas diferentes estações do ano. Foi notado que nos pontos de coleta localizados em áreas menos urbanizadas os índices colimétricos e os microorganismos mesófilos aeróbicos foram mais baixos. Não houve diferença significativa nas contagens de microorganismos mesófilos e aeróbicos, CT e CF, nas diferentes estações do ano, provavelmente devido a carga de esgoto urbano lançado no Arroio em todas as estações do ano.

Os autores Tamanini et al (1999) realizaram análises físico-químicas e microbiológicas das águas do Arroio Cadena, tendo como objetivo avaliar a qualidade do corpo hídrico em pontos localizados

em áreas urbanas. Os parâmetros analisados foram: pH, alcalinidade, sólidos, densidade, viscosidade, DQO, OD, oxigênio consumido e índice colimétrico (CF e CT). Os resultados constatados foram um caráter levemente ácido da água, baixo índice de oxigênio indicando “pontos mortos” no arroio e má qualidade da água devido ao índice elevado de substâncias orgânicas e inorgânicas. Nos testes colimétricos e na contagem de microorganismos mesófilos e aeróbicos, os índices encontrados excedem os níveis toleráveis estabelecidos pelo CONAMA.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo que compreende a Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena está localizada no município de Santa Maria, região central do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 29° 41' 25" e 29° 46' 20" de latitude sul, 53° 46' 58" e 53° 51' 45" de longitude oeste, desaguando no arroio Picadinha, afluente do rio Vacacaí, que faz parte de um dos dois sistemas hídricos do estado do Rio Grande do Sul, conforme pode ser visualizada na Figura 1.

O objeto de estudo está composto por ocupação diferenciada (urbana, rural e urbana-rural), a maior parte da área de estudo encontra-se em zona urbanizada estando inserida nas Cartas Topográficas de Santa Maria Folha SH.22-V-C-IV-1 e Sanga da Laranjeira Folha SH.22-V-C-IV-3, ambas com Escala 1:50.000 e da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico) Ministério do Exército - Departamento de Engenharia e Comunicações da Região Sul do Brasil.

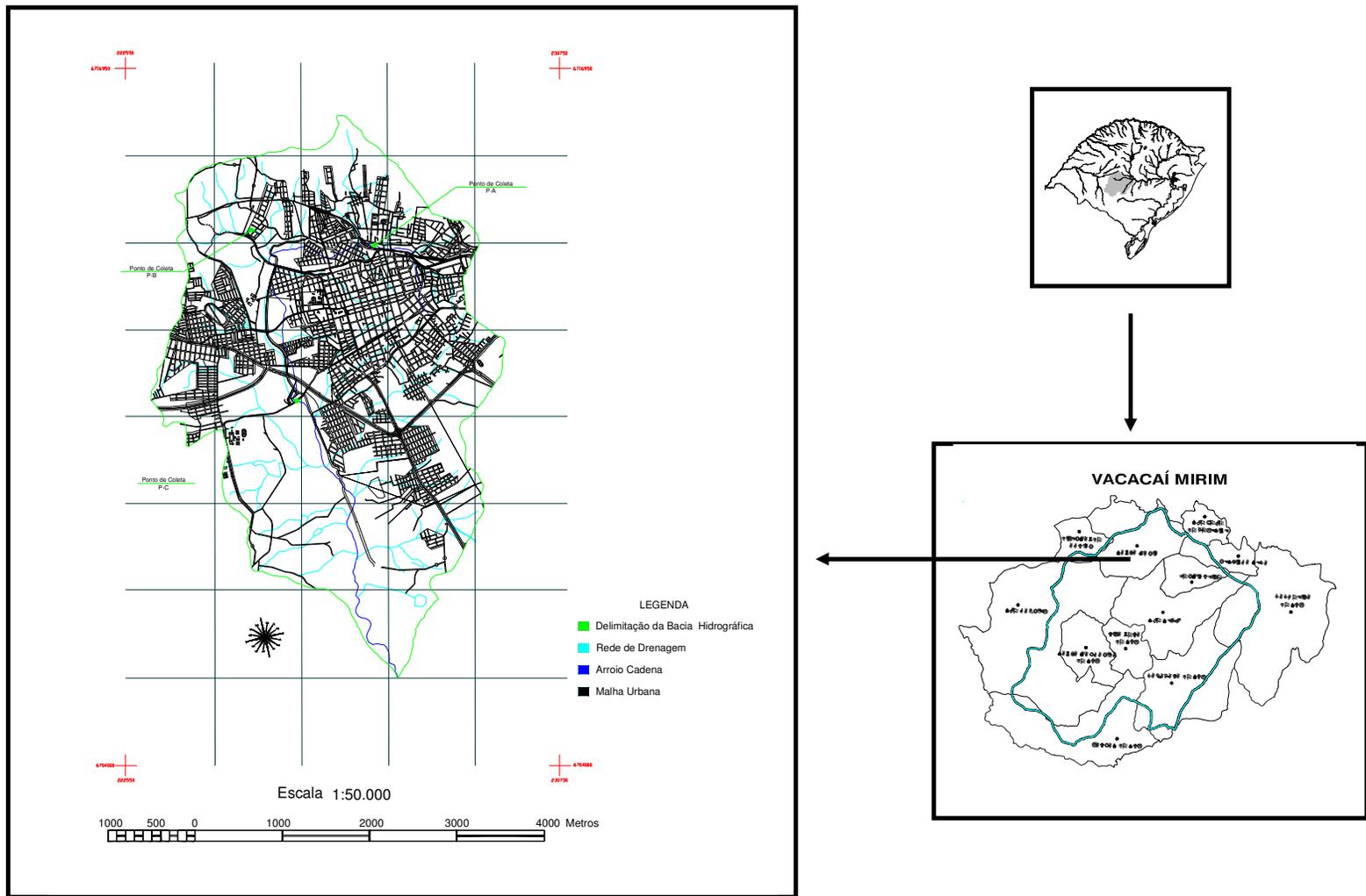


FIGURA 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena no Estado do Rio Grande do Sul.

A Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena é caracterizada em duas situações por Mello et al (1996), inicialmente no percurso norte da cidade (sentido leste-oeste) marcada pela ocorrência da urbanização densa e posteriormente no percurso a oeste (sentido norte-sul) pela urbanização mais rarefeita.

A área de abrangência da bacia hidrográfica possui uso e ocupação diversificada representada pelos setores residencial (urbano e rural), atividades agropecuárias e industriais. A população total do município de Santa Maria é de 243.392 habitantes e a área total do mesmo é de 1.693 km² segundo (IBGE, 2000), porém, a população inserida na Bacia Hidrográfica está estimada em 147.839 habitantes, sendo que a maior parcela reside na área urbana.

No que se refere aos aspectos climáticos, a região caracteriza-se por apresentar quatro estações bem definidas com chuvas bem distribuídas durante o ano. Mas conforme a classificação de Köppen, citado por Ayoade (1986), apresenta clima subtropical, com características de invernos frios, com temperatura média do mês mais frio entre 13 e 15°C, já os verões são quentes com temperaturas médias do mês mais quente superior a 24°C. As precipitações são regulares durante todo o ano, não apresenta estação seca, os índices pluviométricos anuais ficam entre 1500mm a 1600mm.

A cobertura original da vegetação na área de estudo sofreu significativas alterações, sendo que uma parcela está inserida no domínio dos campos limpos, representada por uma vegetação rasteira e as matas nativas encontradas nas encostas da serra as margens de

alguns cursos d'água. A área que atualmente é ocupada pelas atividades agropecuárias está representada com cobertura de gramíneas com pontos isolados de vegetação remanescente. Ressalta-se que a mata ciliar está praticamente inexistente, devido à ocupação e uso inadequados que causam alterações na vazão do escoamento pluvial, acelerando o processo erosivo das margens do arroio e seus afluentes.

Para ceder espaço para as construções e vias pavimentadas, a cobertura vegetal ciliar, em sua maioria, foi extraída, principalmente nas margens do canal principal do Arroio Cadena.

A rede hidrográfica da Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena é uma das mais importantes da cidade, porém nas últimas décadas vem passando por vários e preocupantes problemas ambientais, estes causados especialmente pela ação antrópica desordenada e devastadora. A Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena possui uma área de drenagem de 64,08 km², sendo o corpo hídrico principal, ou seja, o arroio Cadena, com uma extensão de 15 km, abrangendo áreas do meio rural e urbano. Atualmente, a rede hidrográfica local apresenta-se alterada pela ocupação humana, o arroio Cadena apresenta-se como um complexo agravante e deteriorado. Tal rede de drenagem abrange a maior área da cidade de Santa Maria, resultando em um receptor de canais de esgoto e a céu aberto.

Nos locais de maior risco foram realizadas obras de retificação, canalização e contenção das margens do Arroio. As inundações ocorrem principalmente durante os períodos de chuvas. Segundo as metas do projeto de canalização, está em estudo o objetivo de

aumentar a vazão, retificando o traçado do Arroio e as condições de escoamento.

O processo de urbanização juntamente com o desmatamento permitiram para que as vazões do escoamento pluvial aumentasse muito nas últimas décadas.

A extensão do arroio Cadena da nascente até a Av. Assis Brasil está canalizada por galeria fechada em concreto armado, sendo estimada em 660 metros, da Av. Assis Brasil até a Rua Fernandes Vieira em canal aberto - alvenaria de pedra, 2.860 metros, e desta até a entrada do exutório (Estância do Minuano) uma extensão de 12.680 metros em canal aberto.

Quanto á geomorfologia, a Bacia Hidrográfica do arroio Cadena está situada na Depressão Central do Rio Grande do Sul, na transição do Planalto Meridional Brasileiro. A Depressão Periférica é de domínio das amplas planícies aluviais, mas inclusive das coxilhas sedimentares. Já o relevo da Depressão Central caracteriza-se por apresentar topografia mais suave (baixas cotas altimétricas), onde destacam-se as planícies aluviais, terraços fluviais e coxilhas. As áreas de planícies aluviais constituem-se por sedimentos recentes (inconsolidados e saturados de água, considerada frágil do ponto de vista geológico para ocupação) carregados de superfícies mais íngremes, depositando-se nas mais planas, em margens de rios e arroios.

O relevo predominante da área em questão é o ondulado constituído por elevações arredondas com altitude entre 100 a 200

metros. A Figura 2 traz o demonstrativo de como se encontra o relevo da Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena.

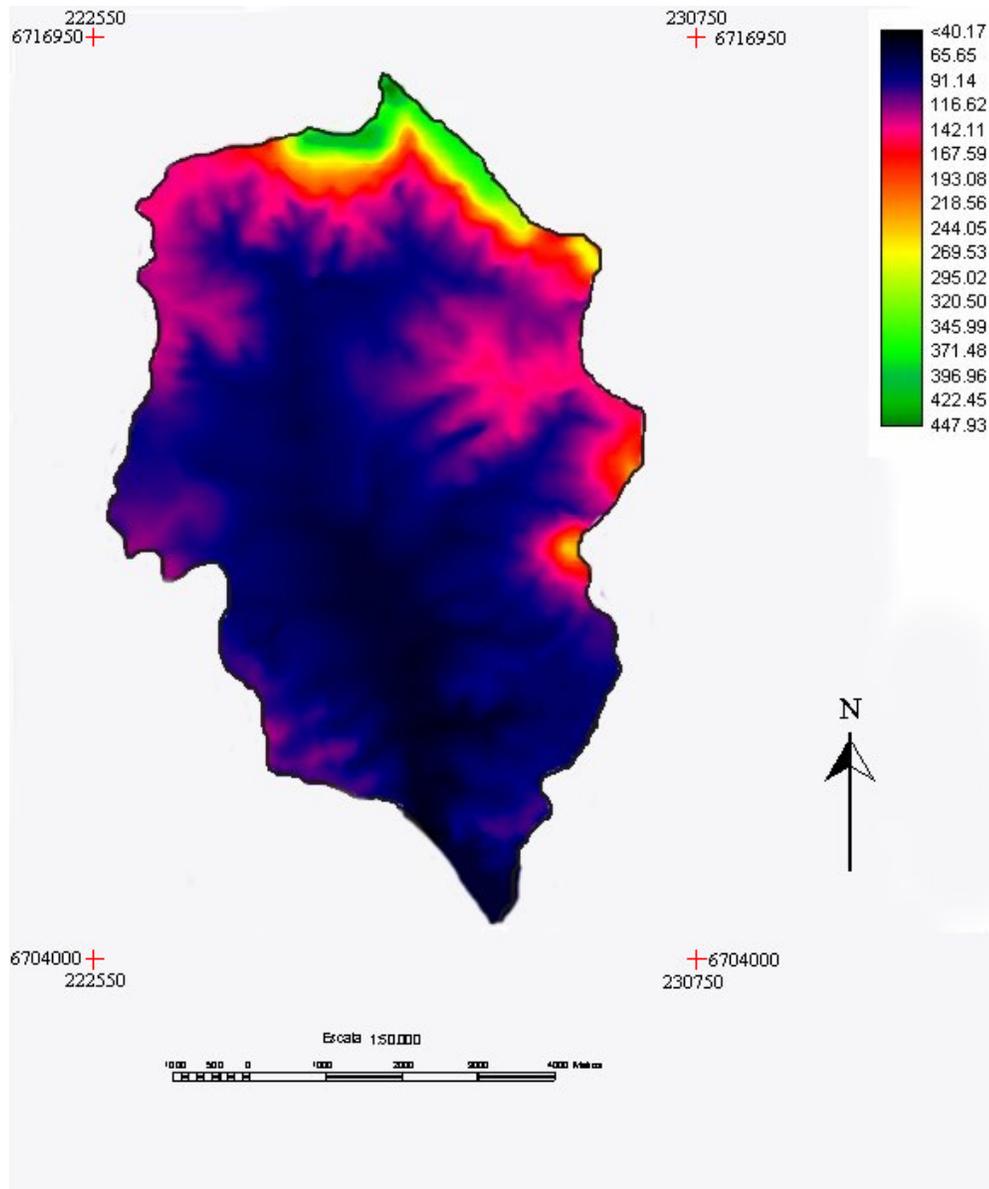


FIGURA 2. Modelo Numérico do Terreno (MNT) da área de estudo

A área de estudo está assentada sobre litologias das Formações Santa Maria, Caturrita, Botucatu, Serra Geral, terraços fluviais e sedimentos atuais. As nascentes noroeste da Sub-Bacia encontram-se sobre a Formação Caturrita (camadas de arenitos finos a médios de cor rosa a cinza e cinza claro de composição essencialmente quartzosa e matriz argilosa, composta em algumas porções um considerável teor de feldspato, intercaladas por camadas de siltito de espessura menor com cor vermelhada.

Nas nascentes ao norte há o predomínio das rochas das Formações: Botucatu, Caturrita e Serra Geral. As nascentes em geral localizadas na porção nordeste da Sub-Bacia estão em contato com os derrames da Formação Serra Geral e sedimentos da Formação Caturrita.

Nas proximidades da foz da Sub-Bacia existe uma faixa transversa que divide a planície de inundação do Arroio, mais precisamente na confluência entre os arroios Cadena e Picadinho, aí surge então o arenito basal Santa Maria composto por arenito grosseiro feldspático poroso, em alguns pontos com grãos de quartzo e porções de argila.

A jusante (foz) ocorre a Formação Rosário do Sul constituída por rochas sedimentares de origem fluvial. Na planície de inundação do Arroio aparece os Depósitos fluviais de Várzeas, são sedimentos recentes geologicamente constituídos por sedimentos arenosos e areno-argilosos, de cor geralmente cinza. O nível do lençol freático está próximo a superfície, nas áreas onde a topografia é suave.

Conforme o Relatório do Projeto Básico de Canalização do Arroio Cadena na Cidade de Santa Maria/RS (1988) drena uma Bacia aluvionar constituída de solos predominantemente arenosos com duas camadas distintas: uma superficial com espessura de 3 a 5 metros de areia fina e pouco compacta; e outra subjacente à superficial composta por uma camada de argila arenosa de consistência média a dura e/ou areia fina argilosa pouco compacta de espessura média de 3 a 6 metros. A segunda camada apresenta variação quanto a gênese, sendo que a areia fina argilosa marron de origem aluvionar.

3.2 MODULAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

O estabelecimento do programa de monitoramento dos recursos hídricos foi concebido de forma a possibilitar a avaliação da influência das diferentes formas de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. A modulação da bacia foi realizada através da definição de três pontos de amostragem (P-A, P-B e P-C), onde simultaneamente às medidas de vazões foram realizadas as coletas de amostras da água para as determinações analíticas requeridas. A Tabela 4 apresenta a descrição da localização dos pontos de amostragem.

TABELA 4. Localização dos pontos de amostragem

Pontos de amostragem	Corpo Hídrico	Coordenadas UTM		Altitude (m)
		Latitude	Longitude	
P-A	Arroio Wolf	0228047	6713995	114
P-B	-	0224904	6714367	110
P-C	Arroio Cadena	0225690	6710842	98

Os critérios para a definição dos pontos de amostragem foram baseados nas condições de acessos e nas características de ocupação das áreas de contribuição (setores). A modulação da sub-bacia hidrográfica e a identificação dos pontos de monitoramento quali-quantitativo são representados na Figura 3. A Sub-Bacia Hidrográfica possui uma área total de 27,71 km² com perímetro de 40,25 km e

comprimento da rede de drenagem de 44,24 km. A seguir é apresentada a descrição de cada setor, enfatizando as principais características de uso e ocupação do solo.

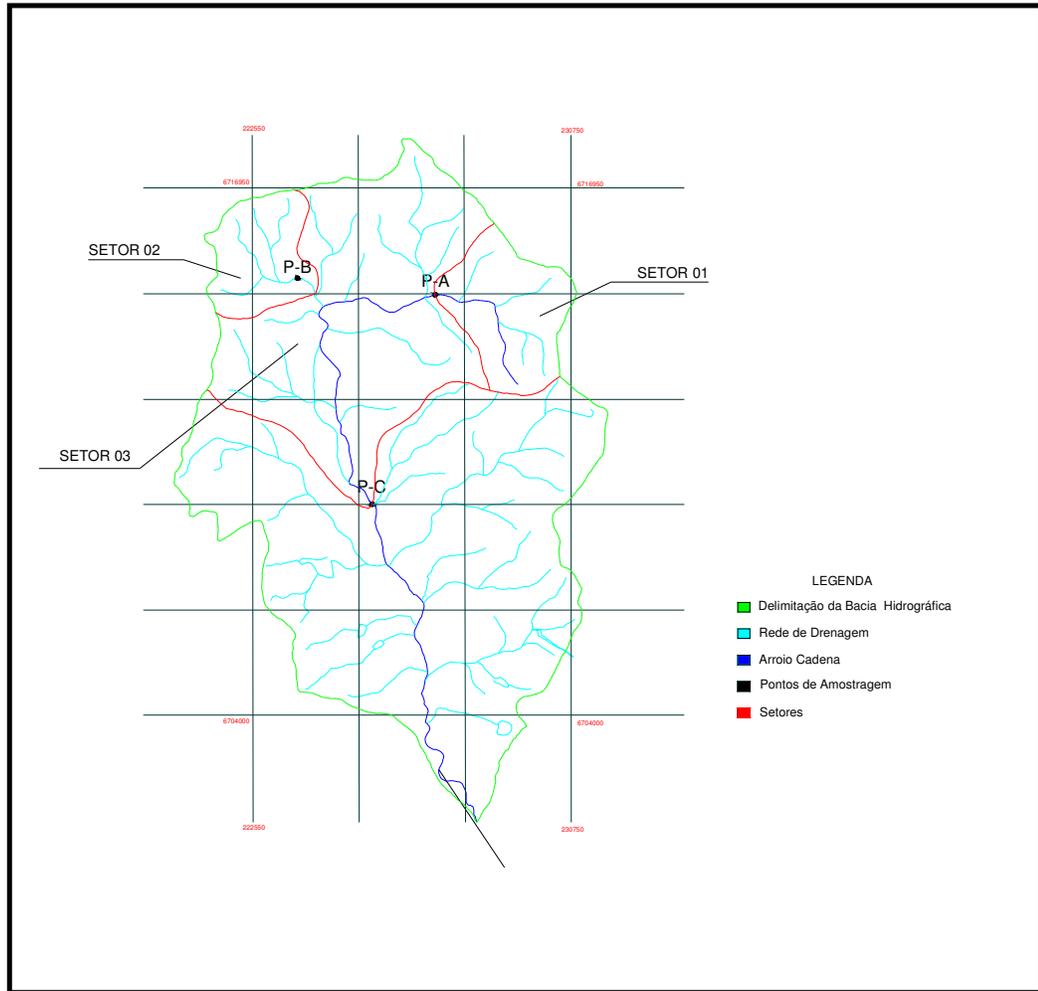


FIGURA 3. Modulação da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena e identificação dos pontos de monitoramento quali-quantitativo.

Setor 1 – é monitorado pelo ponto P-A e está localizado na cabeceira da micro-bacia hidrográfica, compreendido por uma área urbana equivalente a 5,11 km², com perímetro de 9,35 km perfazendo um comprimento da rede de drenagem de 7,52 km. O Arroio Wolf (tributário do Arroio Cadena) é dotado de canalização do tipo canal aberto - alvenaria de pedra.

A área que abrange este setor possui ocupação predominante urbana. O referido recurso hídrico é receptor de grande quantidade de esgotos de origem doméstica de lançamento de efluentes líquidos de diversas características físico-químicas e biológicas, como esgotos domésticos, drenagem pluvial urbana, detergentes, cargas orgânicas, águas pluviais contaminadas. A Figura 4 representa as condições do Arroio Cadena no ponto de coleta P-A.



FIGURA 4. Localização do ponto P-A de coleta de água.

Setor 2 – é monitorado pelo ponto P-B, localiza-se na cabeceira da sub-bacia hidrográfica (tributário do Arroio Cadena sem nome definido), possui uma área de 3,71 km², perímetro de 8,07 km e comprimento da rede de drenagem de 6,15 km. A extensão da canalização é em canal aberto. A ocupação neste setor é predominantemente rural. O setor 2 é receptor natural de drenagem pluvial rural e esgotos domésticos lançados em grande quantidade, diretamente no corpo hídrico. A Figura 5 a seguir, representa a localização do ponto de amostragem P-B.



FIGURA 5. Localização do ponto P-B de coleta de água.

Setor 3 – é o setor que monitora toda a Sub-Bacia Hidrográfica através do diferencial de P-A e P-B. Situado em área de ocupação mista (rural e urbana) perfazendo 18,89 km², perímetro de 22,83 km e comprimento da rede de drenagem de 30,75 km. O ponto de amostragem inserido neste setor possui canalização do tipo aberto.

Os setores 1 e 2 (P-A e P-B) estão inseridos na área de abrangência do setor 3 (P-C). Este setor 3 recebe o total das cargas poluidoras produzidas nos dois setores (1 e 2) anteriormente mencionados, que comprometem significativamente a qualidade da água. A Figura 6 representa o local de monitoramento do ponto P-C.



FIGURA 6. Localização do ponto P-C de coleta de água.

3.3 MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

3.3.1 Monitoramento Qualitativo

Para o estabelecimento de um programa de monitoramento qualitativo de recursos hídricos superficiais é de grande importância que se adote variáveis de qualidade da água que forneçam informações fundamentais para a determinação da qualidade da água. Para tanto optou-se pelos principais parâmetros determinados e adotados no IQA- NSF (DBO, DQO, OD e Coliformes) que caracterizam de forma adequada à qualidade da água. Outra questão de escolha se refere à infra-estrutura disponível necessária para aplicação do índice de qualidade da água.

A rede de monitoramento da qualidade da água tem como objetivo avaliar o estado da qualidade da água sendo desenvolvido junto à rede de monitoramento constituída por três pontos hidrométricos de coleta de amostras de água distribuídos entre os setores 1, 2 e 3, monitorados em treze campanhas de campo, sendo que a periodicidade das coletas foram realizadas e analisadas nos meses de novembro de 2002 a novembro de 2003, realizadas pelo turno da manhã, onde foram coletadas amostras de água e realizadas as medidas de vazões e analisados diversos parâmetros de interesse da poluição das águas.

Os resultados obtidos no monitoramento foram analisados e comparados com os limites estabelecidos pela avaliação da qualidade através do monitoramento de parâmetros físico-químicos e biológicos.

Os procedimentos de coletas e preservação das amostras, bem como as metodologias analíticas utilizadas seguiram as recomendações estabelecidas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA; WPCF, 1995). As variáveis de qualidade e as respectivas metodologias analíticas adotadas são apresentadas na Tabela 5.

Nos procedimentos de amostragens adotou-se coletas simples, sendo o ponto de coleta situado a uma profundidade de 25 cm, a partir da superfície.

As determinações analíticas foram realizadas através de medidas de campo (temperatura do ar e da água, oxigênio dissolvido) e pelos laboratórios da Universidade Federal de Santa Maria: Laboratório de Saneamento Ambiental do Departamento de Hidráulica e Saneamento, Laboratório da Saúde da Comunidade, Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos.

As variáveis de qualidade da água foram avaliadas no campo e também pelos laboratórios da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), nos Departamentos de Engenharia Química (parâmetros químicos), exceto nitrato e fosfato total que foram realizados Laboratório de Química e Fertilidade do Solo no Departamento de Solos. No Laboratório da Saúde da Comunidade (parâmetros bacteriológicos) e no Laboratório do Departamento de Hidráulica e Saneamento (parâmetros físicos).

TABELA 5. Variáveis de qualidade e metodologias analíticas

Variáveis	Metodologia Analítica	Limite de Detecção
Temperatura do Ar	Termometria	0,1° C
Temperatura da Água	Termometria	0,1° C
Turbidez	Turbidímetro	1 NTU
pH	pH-metro de bancada	0,01
Condutividade Elétrica	Condutivímetro	0,001 mS/cm
Oxigênio Dissolvido	Oxímetro	0,01 mg/L
Sólidos Totais	Método Gravimétrico	0,1 mg/L
Sólidos Suspensos	Método Gravimétrico	0,1 mg/L
Sólidos Dissolvidos	Método Gravimétrico	0,1 mg/L
DQO	Refluxo com Dicromato	0,01 mg/L
DBO ₅	Winckler	0,1 mg/L
Óleos e Graxas	Extração-Soxhlet (hexano)	0,1 mg/L
Cloretos	Nitrato de Mercúrio	0,01 mg/L
Nitrato	Ácido Fenoldissulfônico	0,01 mg/L
Fosfato	Ácido Ascórbico	0,01 mg/L
Coliformes Totais	Membrana filtrante	1 NMP
Coliformes Fecais	Membrana filtrante	1 NMP

No campo foram determinados os seguintes parâmetros de qualidade da água: oxigênio dissolvido, temperatura do ar e da água (Medidor de Oxigênio Dissolvido – Modelo YSI 58), condutividade elétrica (condutivímetro portátil Hanna HI 933000, a 25°C), pH (peagâmetro TM 37, da Sensortechnik Meinsberg GmbH).

As amostras coletadas também foram dirigidas para laboratórios específicos. Nesse caso o Laboratório do Departamento de Hidráulica e Saneamento realizou análises dos sólidos totais (ST), sólidos

suspensos (STS), sólidos dissolvidos (STD), sólidos sedimentáveis (SSED), turbidez (turbidímetro SL-2K, da Solar Instrumentação Ltda), cloretos, alcalinidade, acidez e óleos e graxas. Em laboratórios externos a este foram realizadas análises de DQO e DBO - Já no Departamento de Saúde da Comunidade foram analisados os coliformes fecais e totais. No Laboratório de Química e Fertilidade de Solos foram realizadas as análises de nitrato e fosfato total.

3.3.2 Monitoramento Quantitativo

Para o referido monitoramento, devido o inviável e alto custo financeiro para construção de estruturas hidráulicas optou-se pela medição da vazão de modo manual nos pontos de monitoramento através do uso do sensor eletrônico de velocidades Nautilus C2000 (método área -velocidades).

Segundo Agudo et al (1987) para realizar a interpretação de parâmetros de qualidade da água, os dados de descargas são essenciais nos pontos onde são coletadas as amostras. Tal interpretação que, na maioria das vezes, requer um balanço massa, é possível referir-se a determinação da carga poluidora decorrente das atividades que são desenvolvidas em determinado recurso hídrico.

Para Agudo et al (1987) vários são os métodos e dispositivos possíveis de serem utilizados para efetuar as medições de descargas ou vazões, porém é opcional, dependendo de diversos fatores: objetivos

da medição; porte do corpo hídrico; tipo, variabilidade e regime do escoamento; acesso ao local de medição; recursos financeiros disponíveis e disponibilidade de tempo.

As medidas de vazão podem ser obtidas mediante a simples relação do volume coletado/tempo medido. Nos casos de rios e canais abertos, onde se conhece e pode-se determinar a seção transversal de escoamento, a vazão pode ser estimada como resultado do produto desta área pela velocidade média de escoamento.

A medição da vazão ou descarga que drena a bacia hidrográfica em estudo pode ser obtida através do envolvimento das seguintes etapas operacionais:

- 1) medição da largura do canal do rio;
- 2) dividir o valor da largura do rio em “n” pontos;
- 3) medir a lâmina de água (profundidade) em cada um dos “n” pontos;
- 4) determinar o eixo do Nautilus a altura de 40% da lâmina de água e realizar três tomadas de velocidade em cada um dos “n” pontos;
- 5) a determinação das respectivas áreas de cada um dos “n” pontos realizada através do programa AutoCAD;

A representação esquemática para a determinação das áreas dos respectivos pontos de monitoramento pode ser observada no demonstrativo da Figura 7 a seguir.

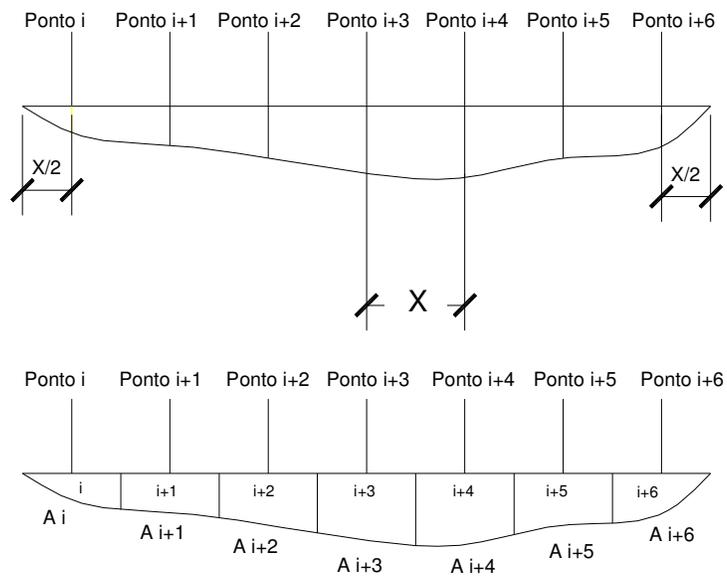


FIGURA 7. Representação esquemática para a obtenção das áreas dos pontos de coleta.

3.4 AVALIAÇÃO AMBIENTAL

A avaliação ambiental considera de forma indissociável e integradora os aspectos referentes à qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, para tanto é por meio da avaliação quali-quantitativa que se procura realizar a avaliação ambiental através do equacionamento das cargas poluidoras (monitoramento qualitativo) para a variação das vazões ou descargas (monitoramento quantitativo), levando-se em consideração as classes de enquadramento segundo a Resolução nº 020/86 do CONAMA.

A avaliação ambiental tem como objetivo avaliar a frequência que ocorrem as concentrações ao longo do tempo por efeito da diluição das cargas associada à variação de vazões.

Os três pontos de coleta da Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena foram monitorados durante um ano, com esta série temporal, foi possível determinar a variabilidade concentrações ao longo do tempo.

As variáveis de qualidade da água foram analisadas frente aos requisitos de qualidade da Resolução CONAMA nº 020 (CONAMA, 1986). Considerando-se que as águas dos corpos hídricos da área que abrange o arroio Cadena estejam enquadradas dentro da Classe 2 da Resolução 020/86 do CONAMA, sabendo-se que existem as seguintes 5 classes (Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4), segundo a Resolução, mencionada anteriormente.

3.5 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Entre os vários índices de qualidade de água existentes optou-se pelos índices IQA-NSF (somatório) e IQA-NSF* (produtório), por serem os índices mais amplamente divulgados e apresentam uma tendência de preferências pelos Comitês de Bacias Hidrográficas no Brasil.

A estrutura do índice de qualidade da água somatório foi desenvolvida pela “National Sanitation Fundation –NSF” dos Estados Unidos da América (Brown et al, 1970) e utiliza a fórmula somatória (soma linear) do tipo:

$$IQA = \frac{\sum_{i=1}^{i=8} q_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{i=8} w_i}$$

onde:

\prod : símbolo de somatório;

q_i : qualidade relativa do i-ésimo parâmetro;

w_i : peso relativo do i-ésimo parâmetro;

i : número de ordem do parâmetro (1 a 8).

A Tabela 6 a seguir apresenta as variáveis de qualidade e os pesos relativos utilizados para o cálculo do IQA –NSF (somatório).

TABELA 6. Variáveis de qualidade e pesos relativos considerados no cálculo do IQA-NSF-Somatório

Variáveis	Pesos Relativos (wi)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	0,19
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	0,18
pH	0,12
DBO _{5,20} (mg/L)	0,12
Fosfato Total (mg/L)	0,11
Nitrato (mg/L)	0,11
Turbidez (NTU)	0,09
Sólidos Totais (mg/L)	0,08

Para a interpretação dos resultados das variáveis de qualidade da água foi aplicado o Índice de Qualidade da Água - NSF* (produtório). Este índice, adaptado pelo COMITESINOS (1990; 1993), utiliza a fórmula multiplicativa do tipo:

$$IQA = \prod_{i=1}^{i=8} q_i^{w_i}$$

onde:

\prod : símbolo de produtório;

q_i : qualidade relativa do i-ésimo parâmetro;

w_i : peso relativo do i-ésimo parâmetro;

i : número de ordem do parâmetro (1 a 8).

A qualidade relativa de cada variável é estabelecida em curvas de variação que relacionam o respectivo valor da variável a uma nota (0 a 100), sendo o valor 100 para a melhor qualidade. A Tabela 7 apresenta

os respectivos pesos atribuídos às variáveis de qualidade e a interpretação dos índices é estabelecida na Tabela 8.

TABELA 7. Variáveis de qualidade e pesos relativos considerados no cálculo do IQA-NSF (Produtório)

Variáveis	Pesos Relativos (wi)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	0,19
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	0,17
pH	0,13
DBO _{5,20} (mg/L)	0,11
Fosfato Total (mg/L)	0,11
Nitrato (mg/L)	0,11
Turbidez (NTU)	0,09
Sólidos Totais (mg/L)	0,09

Fonte: COMITESINOS, 1993.

TABELA 8. Interpretação do índice de qualidade da água

Faixas de IQA	Classificação da qualidade da água
0 – 25	Muito Ruim
26 – 50	Ruim
51 – 70	Regular
71 – 90	Bom
91 – 100	Excelente

Fonte: COMITESINOS, 1993.

O índice de qualidade foi obtido e avaliado através da utilização dos valores totais e médios das variáveis de qualidade durante o período integral de monitoramento dos recursos hídricos.

3.6 AVALIAÇÃO DAS CARGAS POLUIDORAS

Nesta etapa de monitoramento procurou-se avaliar os valores totais e médios verificando a carga orgânica média em termos de DBO/Kg/dia juntamente com as medidas de descargas.

A concentração de poluentes é função da vazão, levando-se em consideração que estas são muito variáveis, os resultados obtidos nas análises representam simplesmente um “momento instantâneo” do estado em que o arroio se encontra, ou seja, da qualidade do mesmo. Devido essa ocorrência os valores que são utilizados na avaliação de poluentes devem ser referentes às cargas poluidoras e não às concentrações destas. Para isso foi necessário dividir o processo em dois momentos: (1) levantamento dos parâmetros de qualidade, e (2) medição das descargas. As descargas foram realizadas através de medidas da velocidade de escoamento e a altura da lâmina d’água em seções regulares dos corpos hídricos. Ressaltando-se as coletas das amostras de água, para o balanço qualitativo, foram realizadas simultaneamente à verificação das medidas de vazão para a determinação das características físico-químicas e bacteriológicas e facilitar a determinação das cargas poluidoras. Para realizar o cálculo das cargas de DBO, e se avaliar as cargas poluidoras é definido pela seguinte expressão:

$$\text{Carga} = \text{Concentração} \times \text{Vazão}$$

Para verificar a procedência das cargas poluidoras escoadas pelo arroio Cadena foi necessário dividir a área de estudo em setores. E desse modo foi possível determinar três formas de ocupação predominantes na bacia hidrográfica. O setor 1, composto por ocupações residenciais e comerciais, localizado em área urbana, é receptor de grande quantidade de esgotos, já o setor 2 é predominantemente de área rural, e o setor 3 constituído de ocupação mista (rural e urbana) inclusive indústrias, é receptor das cargas poluidoras dos setores 1 e 2. Este fato dificulta o isolamento das cargas poluidoras produzidas na bacia, desse modo é difícil dar prioridade para medidas mitigadoras. Para facilitar o equacionamento das cargas poluidoras foi estabelecido que seria conveniente determinar pontos de amostragem de água em cada setor, para poder avaliar de modo isolado as cargas poluidoras. Dois setores estão localizados a montante da bacia que monitoram os escoamentos na entrada da bacia; e outro localizado no exutório (foz) integrando assim todas as cargas poluidoras produzidas na bacia. Para melhor entendimento o esquema está demonstrado no item 3.2. (modulação da bacia hidrográfica) vista anteriormente.

O espaço físico da área de estudo foi compartimentado, sendo a rede de drenagem dividida em pontos hidrométricos referenciais, conforme a que foi estabelecida para a bacia hidrográfica do arroio Cadena, permite o equacionamento das cargas poluidoras através da expressão:

$$CP_x = Q.C_x$$

onde:

Q= vazão (m³/h)

C= concentração (Kg/m³)

X= poluente de interesse

A avaliação das cargas poluidoras drenadas na bacia é realizada considerando o impacto ambiental da carga produzida nos setores 1 e 2. Tais impactos são avaliados mediante a carga média estimada pelo monitoramento em cada setor. A divisão das cargas poluidoras deve ser realizada, neste caso foi, em função da correta modulação da rede de drenagem.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo constitui-se da apresentação dos dados obtidos através dos procedimentos estabelecidos e descritos no capítulo anterior. A interpretação dos resultados das análises física, química e bacteriológica da águas efetuadas nos três pontos de monitoramento relativos ao período integral de monitoramento realizado de novembro de 2002 a novembro de 2003. Trata-se neste capítulo da interpretação dos resultados do monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos, índice de água (somatório e produtivo) e das cargas orgânicas produzidas.

4.1 MONITORAMENTO QUANTITATIVO

As medidas de vazões foram realizadas concomitantemente a cada campanha de amostragem para determinação das variáveis de qualidade da água. A Figura 8 apresenta a operacionalização dos procedimentos realizados nos pontos de monitoramento da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena.



FIGURA 8. Demonstrativo da tomada das medidas de vazões na área

A Figura 9 apresenta o gráfico das medidas de vazões realizadas mensalmente durante o período de monitoramento. Ressalta-se que durante a campanha do mês de junho/03, não ocorreu medição das vazões devido a problemas técnicos com o equipamento Nautilus.

As vazões nos pontos de amostragem P-A e P-B apresentam valores semelhantes, com médias de 58,1 e 57,2 L/s, respectivamente. As vazões mínimas foram de 23,6 e 25,1 L/s e as máximas de 101,9 e 101,2 L/s para os pontos de amostragem P-A e P-B, respectivamente. O valor médio de 477,3 L/s foi verificado para a vazão no ponto de amostragem P-C, sendo a vazão mínima de 205,3 L/s e a vazão máxima de 794,4 L/s.

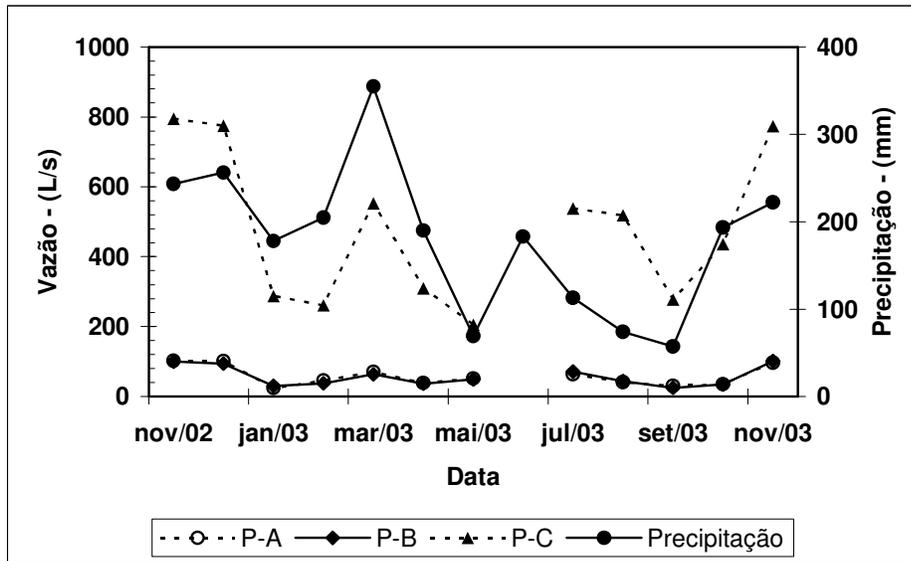


FIGURA 9. Medidas de vazões nos pontos de amostragem da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena.

Os dados de precipitação diária na área de estudo são apresentados na Tabela 9, sendo o hidrograma apresentado na Figura 10. Os valores mensais das precipitações são apresentados na Figura 11. A precipitação média mensal foi de 180 mm, sendo o período de estiagem verificado nos meses de maio, julho, agosto e setembro. A precipitação mínima mensal foi de 57 mm (agosto) e a máxima de 355 (março). Os dados pluviométricos diários acumulados, no período de um ano, totalizaram uma precipitação de 2.117 mm, valor acima da média anual na região (1500 - 1600 mm/ano).

TABELA 9. Dados de precipitação diários ocorridos nos meses de novembro de 2002 a novembro de 2003 e os dias das coletas para as amostragens e medidas de vazões.

Dia/mês	nov/02	dez/02	jan/03	fev/03	mar/03	abr/03	mai/03	jun/03	jul/03	ago/03	set/03	out/03	nov/03
1		15,0			22,0	1,3	26,4	34,2		0,3			38,3
2		31,8		19,4	46,6			0,3		0,2	0,2	3,5	
3					15,7	0,5	0,1	34		0,2		5,1	
4	38,4		1,1	5,0		37,0	0,2	3,8	0,2			1,7	
5	0,2	21,0								1,2		20,6	
6		51,0		17,8			2,4	0,2	24,2	9,0		0,5	11,2
7					53,8								
8		2,8			10,4				0,2		10,2		
9				1,2					38,0	0,6	13,8	33,4	
10	45,9		11,5	14,8	9,0	0,2		3,3			0,2		
11		0,2	30,6	2,0	55,0	0,1		14,0					
12				1,2	25,7			0,2					1,4
13					1,1			9,2					35,6
14								14,0		0,7			
15													
16			12,0	3,6	10,3			0,5	21,8	0,1			
17			3,6	8				41,0					48,2
18	31,2					2,2		2,5					30,0
19				0,8	23,6	10,1	0,2	1				17,0	0,4
20	20,0	25,2	33,6	69,8	14,0						6		
21	51,0		0,2		33,8						18,2	6,4	
22								24,6	0,1				
23		56,0	85,2				39,8		9,4	0,7			
24		27,2		47,1					1,2	47,2	7,6		13,4
25	0,8			14,0		0,5			17,2	7,6		21,0	0,2
26	22,2					1,9		0,1	0,7			84,2	
27	14,8												43,2
28	16,9				17,4	47,0				0,3			
29	2,0					10,3				5,8	0,8		
30						78,9		0,2					
31		26,0			16,6								
Total	243,4	256,2	177,8	204,7	355,0	190,0	69,1	183,1	113	73,9	57,0	193,4	221,9

■ Datas das campanhas de campo

Fonte: Estação Pluviométrica de Santa Maria, localizada no Campus da Universidade Federal de Santa Maria

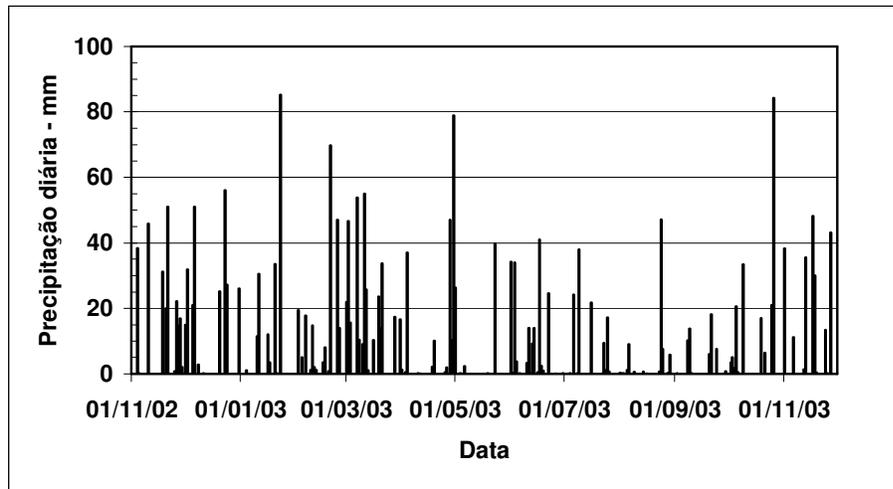


FIGURA 10. Hidrograma da área de estudo no período de novembro/2002 – novembro/2003.

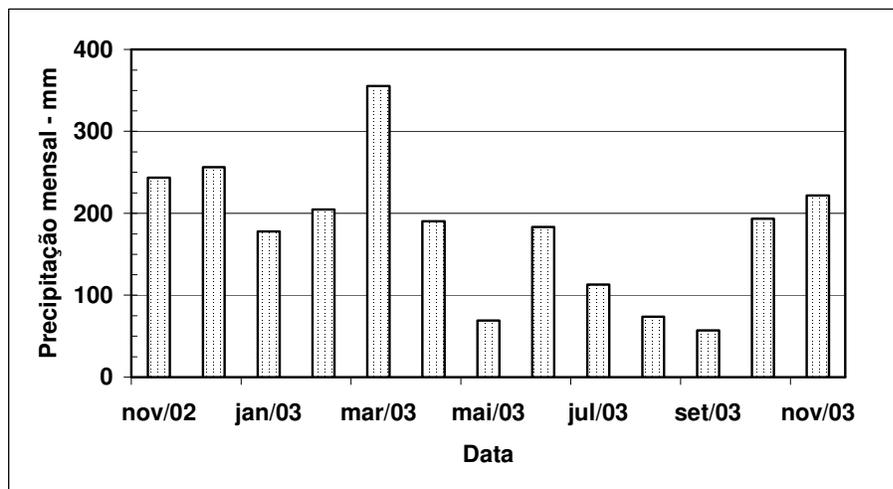


FIGURA 11. Valores mensais das precipitações na área de estudo no período de novembro/2002 – novembro/2003.

4.2 MONITORAMENTO QUALITATIVO

As variáveis de qualidade da água foram determinadas através de campanhas de coletas mensais durante o período de monitoramento.

Os resultados médios dos parâmetros de qualidade referentes aos três pontos de amostragem, e as respectivas classes de enquadramento estabelecidos na Resolução CONAMA nº 020/86 são sumarizados na Tabela 10.

Os valores médios apresentados foram obtidos após a consistência dos resultados analíticos das campanhas de qualidade da água. Devido a erros ocorridos nos procedimentos analíticos realizados, em especial para as variáveis de qualidade: Coliformes Fecais, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Oxigênio Dissolvido e pH, alguns valores foram desconsiderados e substituídos por valores médios dos dados consistidos. O Anexo 1 apresenta os resultados “brutos” das análises químicas realizadas e o no Anexo 2 são apresentados os resultados consistidos. Ressalta-se que a não disponibilidade de infra-estrutura analítica junto ao Laboratório de Saneamento Ambiental do Departamento de Hidráulica e Saneamento para determinação das variáveis Nitrato e Fósforo Total, foi possível apenas a obtenção destas variáveis no período de novembro/2002-março/2003. Os demais valores foram considerados como a média dos resultados disponíveis.

TABELA 10. Variáveis de qualidade da água e classe de enquadramento Resolução 020/86 (CONAMA)

Variáveis	Unidade	Ponto P-A		Ponto P-B		Ponto P-C	
		Valor Médio	Classe	Valor Médio	Classe	Valor Médio	Classe
Temperatura do ar	(° C)	21,9	-	21,6	-	24,0	-
Temperatura da água	(° C)	20,6	-	20,0	-	21,7	-
Turbidez	(NTU)	17,98	1	27,19	1	18,82	1
PH	-	7,38	1	7,40	1	7,48	1
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	423,1	-	84,29	-	252,2	-
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	1,76	4	7,00	1	5,74	2
DBO	(mg/L)	47,22	4	4,19	2	12,28	4
DQO	(mg/L)	82,99	-	9,06	-	54,62	-
Fósforo Total	(mg/L)	0,90	4	0,32	4	0,52	4
Nitrato	(mg/L)	0,98	1	0,77	1	0,99	1
Sólidos Totais	(mg/L)	334,2	-	111,2	-	209,2	-
Sólidos Suspensos	(mg/L)	16,29	-	14,12	-	19,69	-
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	317,9	1	97,10	1	197,2	1
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	0,3	-	0,0	-	0,051	-
Cloretos	(mg/L)	26,33	1	4,26	1	15,96	1
Óleos e Graxas	(mg/L)	5,60	-	4,43	-	32,97	-
Coliformes Fecais	(NMP/100ml)	4739625	4	3472704	4	3593000	4

Ressalta-se que os corpos hídricos da área em estudo ainda não foram submetidos ao processo de enquadramento de suas águas, como estabelecido na Resolução CONAMA nº 020/86. Desta forma, as análises a seguir consideram que os mesmos devam atender os requisitos de qualidade da Classe 2.

Verifica-se que as principais variáveis de qualidade da água: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes

fecais, apresentam valores médios em desacordo com os limites de concentração da classe 2 para o ponto de amostragem P-A. O ponto P-B apresenta um maior número de variáveis que atendem os requisitos de qualidade, exceto para os coliformes fecais. O ponto de amostragem P-C apresenta níveis médios de oxigênio que atendem ao enquadramento, entretanto a DBO e coliformes fecais são as variáveis de qualidade mais impactantes. Ressalta-se que os elevados níveis de fosfato observados em todos os pontos de amostragem podem estar diretamente relacionados às características geológicas do sistema natural, sendo que os limites da Resolução CONAMA nº 020/86 são questionáveis a nível nacional.

A Figura 12 apresenta o perfil de concentração mensal do oxigênio dissolvido durante o período de monitoramento. Apesar do valor médio do ponto de amostragem P-C atender ao requisito de qualidade desta variável, verifica-se que em quatro campanhas de coleta foram observadas concentrações abaixo do limite de 5,00 mg/L. O ponto P-B apresenta 100 % dos valores dentro do limite de qualidade. Por outro lado, no ponto P-A todos os resultados apresentaram o oxigênio dissolvido abaixo do limite de enquadramento, sendo cerca de 70 % dos valores apresentaram concentrações menores que 2,00 mg/L. Os valores reduzidos de oxigênio dissolvido podem ser atribuídos a utilização do mesmo pelas bactérias no processo de depuração da matéria orgânica.

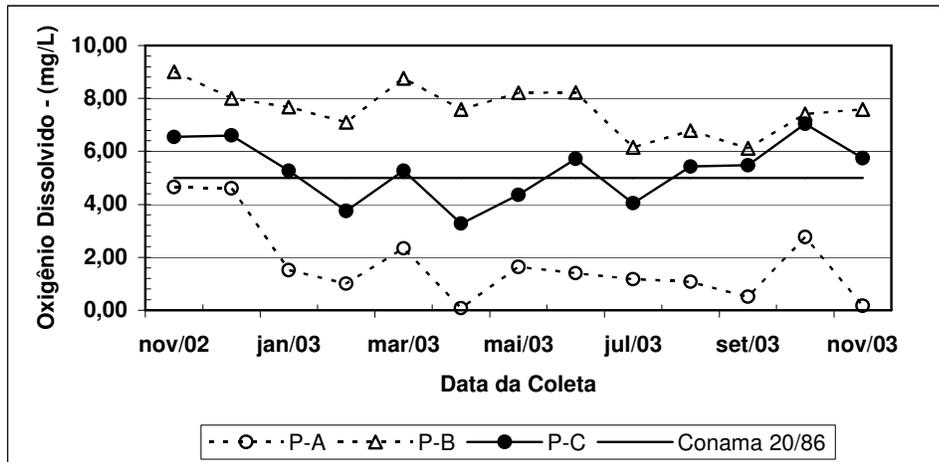


FIGURA 12. Variação mensal do oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem.

A variação mensal da demanda bioquímica de oxigênio é apresentada na Figura 13. Os pontos P-A e P-C apresentaram todos os valores acima do limite de 5,00 mg/L em todas as campanhas realizadas. Verifica-se que o ponto P-A apresentou valores extremos de DBO, demonstrando uma grande quantidade de matéria orgânica presente. No ponto P-B, em duas campanhas os teores de matéria orgânica foram superiores ao limite de concentração da Classe 2.

Os níveis de coliformes fecais apresentaram valores superiores ao limite de 1000 NMP/100 mL em todos os pontos de amostragem e em todas as campanhas realizadas, conforme demonstrado na Figura 14.

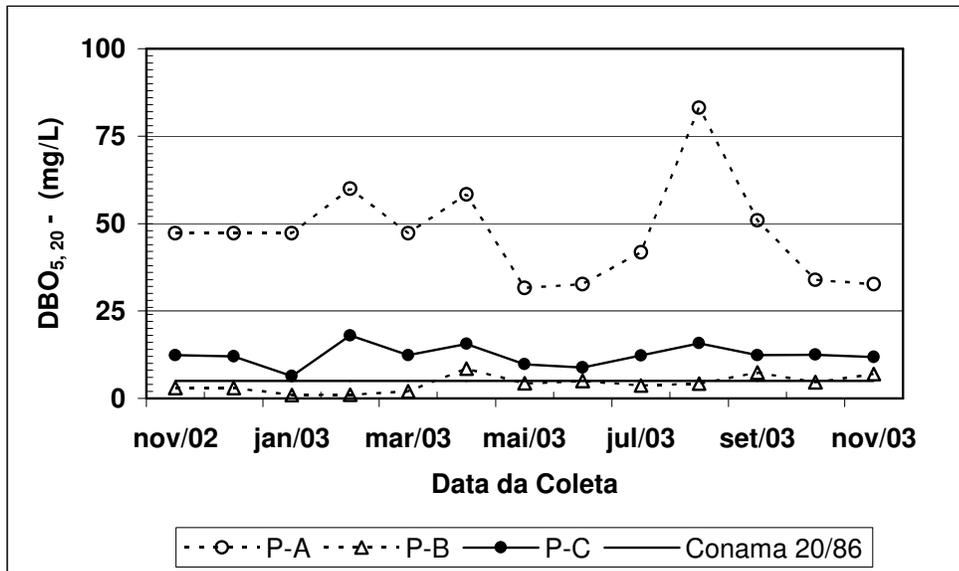


FIGURA 13. Variação mensal da demanda bioquímica de oxigênio nos pontos de amostragem.

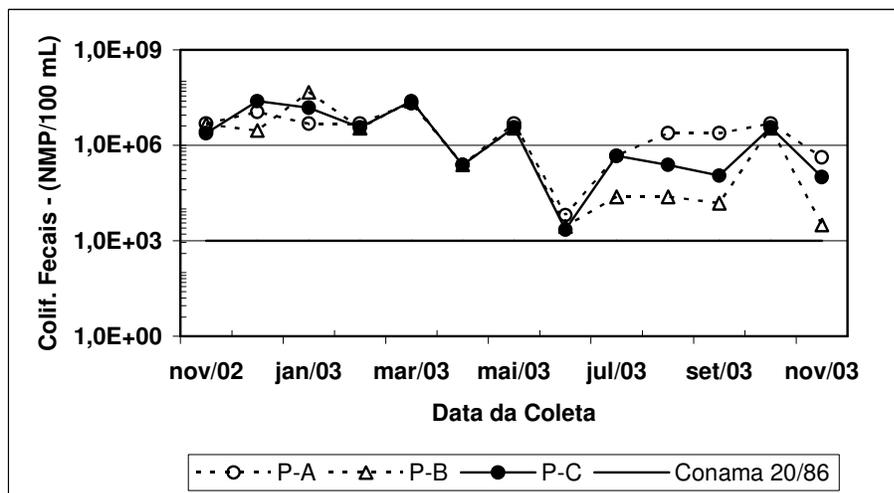


FIGURA 14. Variação mensal de coliformes fecais nos pontos de amostragem.

Analisando os resultados apresentados frente às características de uso e ocupação do solo na área em estudo, é possível associar as principais fontes de aporte de poluentes nos corpos hídricos.

O ponto P-A monitorara a qualidade da água que drena o setor 1 da sub-bacia hidrográfica. Este setor apresenta uma característica de ocupação predominantemente urbana, com uma elevada densidade populacional. A ausência de esgotamento sanitário em parte deste setor e ainda a atitude de parcela da população no que se refere aos aspectos relativos aos resíduos sólidos (acondicionamento não adequado e a própria disposição nas margens dos arroios) são as principais causas da degradação da qualidade da água observada. O ponto P-B por drenar uma área com característica rural e apresentar uma ocupação mais rarefeita (setor 2) reflete um menor nível de degradação. O ponto P-C que representa o exutório da sub-bacia apresenta nível de degradação intermediário aos dois setores distintos de ocupação.

A dinâmica de uso e ocupação do solo de forma desordenada em área urbanas e rurais da Sub-Bacia Hidrográfica contribui substancialmente para a degradação da qualidade da água, e como fator determinante se deve às cargas poluidoras (difusas e pontuais) de origem doméstica (esgotos sanitários e resíduos sólidos). As Figuras 15, 16 e 17 apresentam a degradação da qualidade da água nos pontos de amostragens.

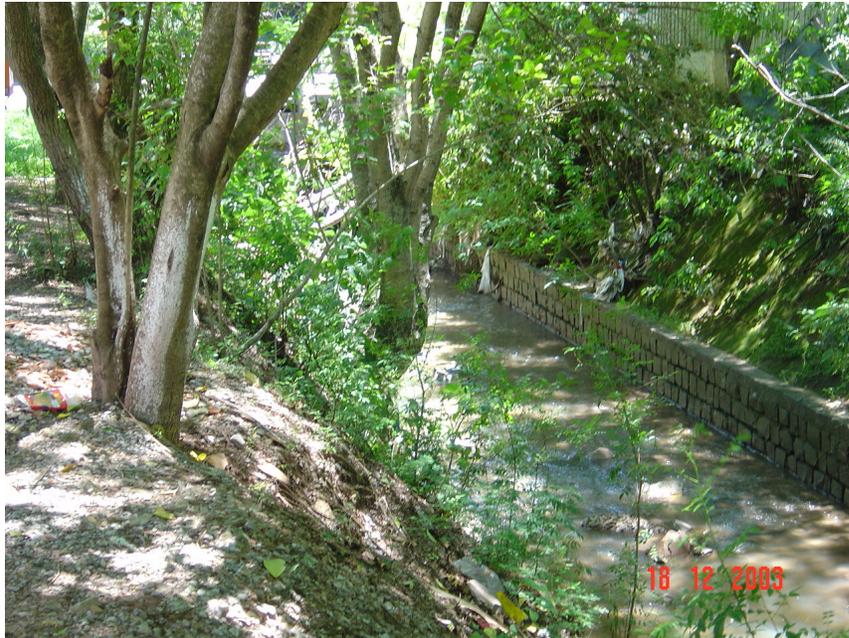


FIGURA 15. Ponto de amostragem P-A – Drenagem do Setor 1.



FIGURA 16. Ponto de amostragem P-B – Drenagem do Setor 2.



FIGURA 17. Ponto de amostragem P-C - Drenagem da sub-bacia hidrográfica

4.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

A avaliação da qualidade da água através de índices de qualidade permite uma análise global da situação encontrada em um corpo hídrico. A partir dos valores das variáveis de qualidade determinados nas campanhas de campo, procedeu-se a determinação dos índices de qualidade da água nos três pontos de amostragem. A Tabela 11 sintetiza os valores médios dos índices de qualidade da água (somatório e produtório) durante o período de monitoramento. Os perfis mensais dos índices de qualidade são apresentados nas Figuras 18 e 19.

TABELA 11. Índices de Qualidade da Água – Valores médios do período de monitoramento (novembro/2002-novembro/2003)

Índices de Qualidade da Água	Ponto P-A	Ponto P-B	Ponto P-C
NSF - Somatório	41	68	55
NSF* - Produtório	21	48	37

Verifica-se que para os pontos de monitoramento P-A, P-B e P-C a interpretação da qualidade da água através do IQA - NSF-somatório descreve uma situação mais favorável para os pontos P-B e P-C (68 e 55), respectivamente, sendo a qualidade classificada como “Regular” para ambos os pontos. No entanto para o ponto P-A (41) foi considerado como “Ruim”.

Adotando-se o índice de qualidade da água NSF* (produtório) obteve-se uma classificação “Muito Ruim” para o ponto P-A (21) e “Ruim” para os pontos P-B (48) e P-C (37).

Comparando-se os resultados obtidos por ambos os índices, verifica-se que o IQA NSF* (produtório) apresenta uma menor valoração para todos os pontos, demonstrando um maior rigor na avaliação da qualidade da água. Devido à estrutura multiplicativa deste índice, a ocorrência de apenas uma variável com baixa nota de qualidade resulta em um menor valor do índice. Isto pode ser observado para o ponto P-B, onde o baixo valor do índice é devido principalmente a alta concentração de coliformes fecais. No ANEXO 3 encontram-se os valores médios que originaram as notas de qualidade da água, mencionadas anteriormente.

A variação mensal do índice de qualidade IQA – NSF (somatório) é apresentado na Figura 18.

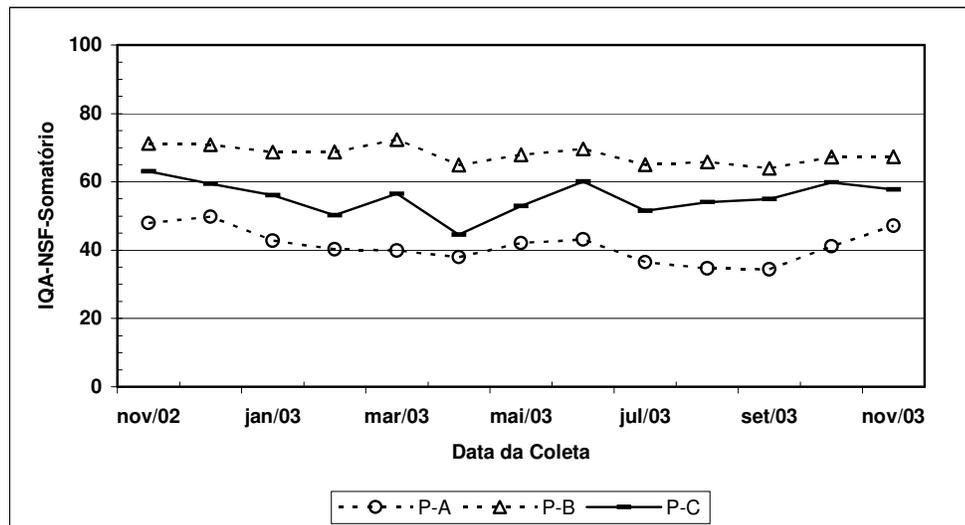


FIGURA 18. Perfil do índice de qualidade da água – NSF*(somatório).

Analisando o perfil do índice de qualidade da água IQA – NSF (somatório), observa-se que nos três pontos de monitoramento (P-A,

P-B e P-C) demonstraram que não houve grande variabilidade. O valor do índice se manteve alto em todos os pontos de amostragem apresentando classificação “Ruim”, “Regular” e “Regular” para os pontos P-A, P-B e P-C, respectivamente. Os valores deste índice demonstram que a qualidade da água encontra-se menos degradada em relação ao IQA - NSF* (produtório).

A seguir, a Figura 19 traz o demonstrativo, em forma de perfil, do índice de qualidade da água - NSF* (produtório).

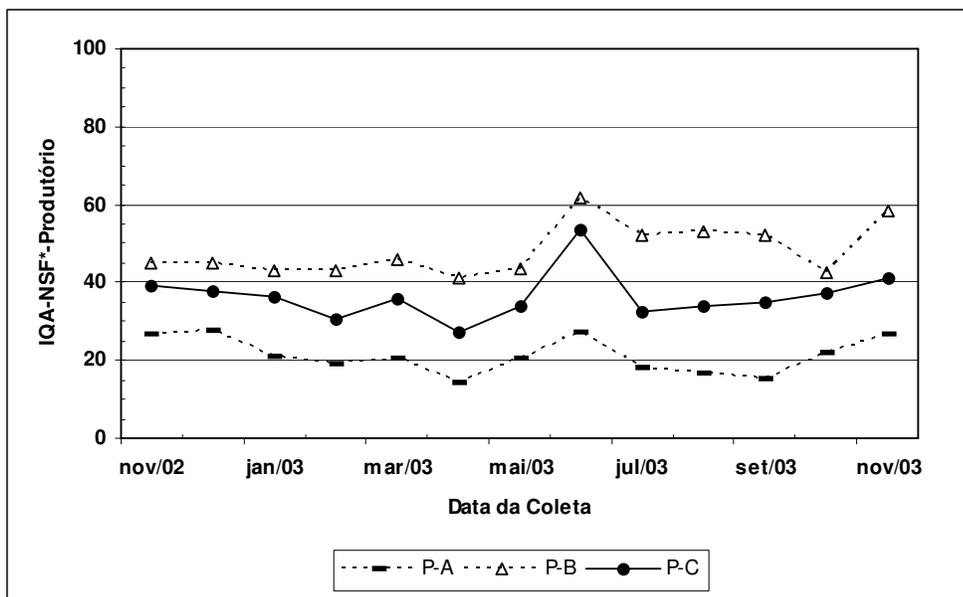


FIGURA 19. Perfil do índice de qualidade da água - NSF*(produtório).

Observa-se através do perfil do índice de qualidade da água - NSF* (produtório) que no mês de junho, o índice atingiu valores de maior magnitude. Visualiza-se que é apresentado para todos os pontos (P-A, P-B e P-C) e em todas as campanhas (exceto a do mês anteriormente citado) que não houve oscilações de grande

representatividade. Os valores encontrados se mantiveram no limite do IQA (produtório) de 15 a 60, no entanto, para o IQA (somatório) se estabeleceu no limite entre 35 a 75.

Como resultados, os valores finais dos índices de qualidade da água IQA- NSF* (produtório) permitiram a classificação da água analisada através dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, representando melhor a realidade da qualidade da água e possibilitando realizar comparações de qualidade entre os diferentes setores da Sub-Bacia Hidrográfica.

4.4 CARGAS POLUIDORAS

As determinações das vazões e concentrações das variáveis de qualidade nos pontos de monitoramento permitiram o equacionamento das cargas poluidoras (orgânica) escoadas em cada setor da sub-bacia. A determinação da carga orgânica do setor 3 foi estimada a partir do diferencial entre a carga total da sub-bacia (ponto P-C) e as contribuições devidas ao setor 1 (ponto P-A) e setor 2 (ponto P-B).

A Tabela 12 sumariza informações referentes às cargas poluidoras (concentração x vazão) geradas nos três compartimentos da sub-bacia e a estimativa da população equivalente.

TABELA 12. Estimativa da carga orgânica e equivalente populacional nos setores da sub-bacia

Parâmetro	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Sub-Bacia
Carga orgânica média (kg DBO/dia)	233,71	20,10	264,05	517,86
Carga específica (kg DBO/dia. Km ²)	45,74	5,42	13,98	18,69
Equivalente populacional ¹ (hab.)	5.843	503	6.601	12.946
Populacional efetiva ² (hab.)	8.347	718	8.705	18.495

1 – contribuição *per capita* de 40 g DBO/hab.dia

2 – eficiência de 30 % na redução da carga orgânica

A carga orgânica total estimada na sub-bacia hidrográfica é de 517,86 kg DBO/dia, sendo a principal contribuição proveniente do setor 3. Entretanto, o setor 1 apresenta uma carga específica 3,3 e 8,4 vezes maior que o setor 3 e o setor 2, respectivamente.

A Figura 20 demonstra que o setor 2 contribui com um menor aporte de carga orgânica na rede de drenagem, apresentando ainda uma pequena variabilidade e uma menor carga orgânica específica durante o período de monitoramento. Os baixos valores observados estão diretamente relacionados à pequena ocupação deste setor e não existência significativa de atividades agropecuárias.

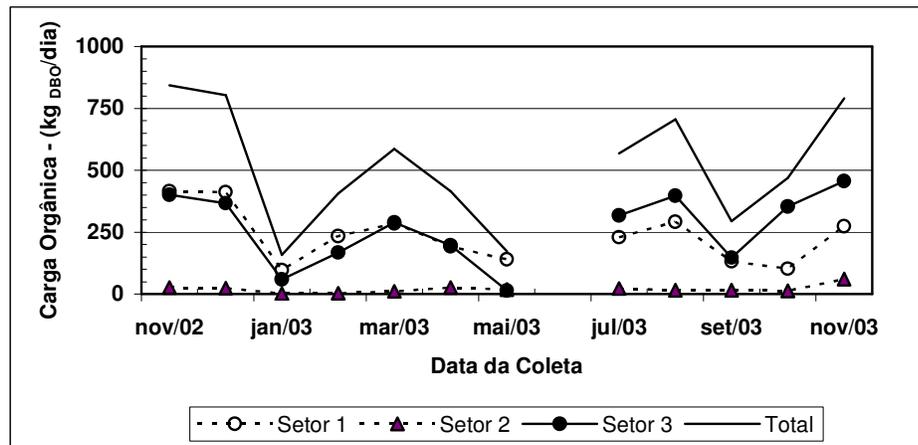


FIGURA 20. Cargas poluidoras produzidas na Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena

Por outro lado, apesar do setor 1 ter uma vazão de magnitude média 7 vezes menor que o setor 3, a contribuição em termos de cargas poluidoras foi semelhante ao longo do monitoramento realizado. A principal origem das cargas observadas é devido ao lançamento clandestino de esgotos de origem doméstica junto à rede de drenagem. A variabilidade da carga orgânica do setor 1 apresentou uma relação diretamente proporcional às medidas de descargas líquidas. Sabendo-se que maiores vazões estão associadas às

precipitações que ocorrem na área de drenagem do setor, pode-se inferir que o aporte de carga orgânico devido à lavagem da bacia é significativo neste setor. As constatações observadas na área de entorno do ponto de monitoramento contribuem com esta hipótese, tendo em vista a grande quantidade de resíduos inadequadamente dispostos.

Na tentativa de estimar a quantidade de habitantes que podem estar contribuindo para o lançamento de esgotos na rede de drenagem, considerou-se uma contribuição *per capita* de 40 g DBO/hab.dia. Este valor foi adotado a partir da concentração média (210 mg/L) do esgoto afluente à Estação de Tratamento de Esgotos de Santa Maria – ETE-Santa Maria - CORSAN. Desta forma, verifica-se que o equivalente populacional na área estudada é de 12.946 habitantes, sendo que 45 % é devido ao setor 1. Entretanto, à maioria das economias são equipadas com sistema de tratamento primário de esgotos sanitários (tipo fossa ou tanque séptico) que possibilitam uma eficiência na remoção de matéria orgânica em torno de 30 %. Portanto, a população que efetivamente contribui no aporte de cargas na sub-bacia pode ser estimada em 18.495 habitantes. Este valor corresponde aproximadamente a 7,6 % da população da cidade de Santa Maria.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do presente estudo serviu para dar suporte para a avaliação quali-quantitativa da água na Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena.

Com relação ao monitoramento quantitativo dos recursos hídricos, a medição da vazão é indispensável para a avaliação da qualidade da água de um determinado recurso hídrico, devido à variação de vazão, onde as cargas podem ser diluídas. Durante o período de monitoramento, os parâmetros de qualidade variaram das Classes 1 a 4, mesmo em períodos de águas baixas. Com o agravamento dos problemas ambientais, os aspectos qualitativos passaram a integrar os programas de gerenciamento de bacias hidrográficas.

Salienta-se um aspecto importante, onde a localização dos pontos de monitoramento quali-quantitativo, onde a mesma deve permitir um modo ideal para se avaliar o balanço das cargas. No estudo em questão, a modulação da sub-bacia hidrográfica favoreceu para isolar a contribuição das cargas, onde no exutório da sub-bacia (setor 3) é refletido todo o efeito da ação antrópica proveniente dos demais setores (1 e 2) através do diferencial das cargas entre estes setores.

Observa-se para o ponto de monitoramento P-A, que as principais variáveis de qualidade da água (Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Coliformes Fecais) apresentaram valores médios em desacordo com os limites de concentração

estabelecidos pela Resolução CONAMA 020/86 enquadradas na Classe 2.

O ponto de monitoramento P-B apresentou um maior número de parâmetros que atendem aos requisitos de qualidade, exceto para a variável coliformes fecais.

O ponto P-C apresentou níveis médios de oxigênio dissolvido atendendo o enquadramento, porém, a demanda bioquímica de oxigênio e coliformes fecais são as variáveis de qualidade mais impactantes.

A partir dos resultados obtidos em relação ao monitoramento qualitativo e comparando-se ambos os índices, conclui-se que seja utilizado o índice de qualidade da água IQA - NSF* (produtório), pois o mesmo apresenta uma menor valoração para todos os pontos, demonstrando um maior rigor na avaliação da qualidade do manancial. Devido à forma multiplicativa deste índice, a ocorrência de apenas uma variável com baixa nota de qualidade resulta em um menor valor do índice. Isto pode ser observado para o ponto P-B, onde o baixo valor do índice é devido principalmente a alta concentração de coliformes fecais.

Na Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, de acordo com as classes de enquadramento da Resolução CONAMA n° 20/86 os principais parâmetros que avaliam a qualidade da água (OD, DBO e Coliformes Fecais) se situam na classe de enquadramento (4-4-4), (1-2-4) e (2-4-4), respectivamente para os pontos (P-A, P-B e P-C).

Os resultados observados evidenciam que os altos índices de coliformes fecais encontrados demonstram problemas de saneamento

nos setores 1, 2 e 3 da Sub-Bacia Hidrográfica. Verifica-se através das análises de água realizadas, que os coliformes fecais foram os maiores responsáveis pela deterioração da qualidade da água.

O alto índice de coliformes fecais encontrados indica a necessidade da busca de uma maior eficiência no sistema de tratamento de esgoto, sendo que este se torna indispensável para manter os padrões mínimos de qualidade ambiental.

A poluição da água na sub-bacia vem agravar significativamente o já existente e preocupante quadro qualitativo dos recursos hídricos. O principal problema está associado às cargas poluidoras de origem doméstica, refletindo um descompasso entre a demanda do rápido crescimento da população e os escassos recursos financeiros disponíveis para a universalização do atendimento dos serviços de saneamento.

Os resultados obtidos representam a avaliação da qualidade e da quantidade da água do arroio Cadena, sendo que os parâmetros estudados são indicadores da atual condição do arroio, portanto indispensáveis para realizar a avaliação ambiental e estabelecer metas mitigadoras com o intuito de reduzir a poluição hídrica.

A qualidade ambiental e das águas são rapidamente modificadas à medida que os rios cortam as áreas das grandes cidades e dos bairros e vilas localizadas na Sub-Bacia Hidrográficas. A água do Arroio Cadena e seus tributários recebem significativas cargas poluidoras e se tornam totalmente impróprias para qualquer tipo de uso. O tratamento dos esgotos, seja qual for a procedência, é indispensável para a manutenção de padrões mínimos de qualidade ambiental.

Neste aspecto, é necessário que as entidades ambientais, órgãos públicos e privados e a sociedade de modo geral se conscientizem para a recuperação e preservação dos recursos naturais inseridos não somente na sub-bacia hidrográfica em questão, como em seu entorno.

Associadas a esta, recomenda-se ações relacionadas à recuperação da qualidade ambiental, como o reflorestamento das margens dos rios, o uso adequado do solo para evitar erosão e assoreamento de mananciais, restrição na utilização de produtos químicos, com o intuito de diminuir o grau de contaminação do meio ambiente. Os impactos ambientais na Sub-Bacia, os principais conflitos estão relacionados entre os processos de urbanização e a utilização do solo degradando e refletindo na qualidade ambiental da área e conseqüentemente afetando os recursos hídricos.

Nas margens do arroio Cadena, de modo geral, visualiza-se o lançamento de lixo que afloram, como por exemplo plásticos, recipientes plásticos, pneus, papelões, restos de mecânicas e oficinas, óleos e graxas dos postos de serviços de lavagem e lubrificação automobilística, despejos de indústrias, materiais inertes de degradação difícil. A presença destes faz com que haja uma invasão e proliferação de vetores, colocando em jogo a saúde pública da população que ali reside e das áreas periféricas.

Tais atitudes da população comprovam que existe uma deficiente conscientização quanto á preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente como um todo, pois inúmeras variantes são afetadas.

O despejo de lixo e a canalização direta e/ou a céu aberto de esgotos domésticos e cloacais sobre as redes de drenagens, são

indicadores da ocorrência de áreas de risco dos espaços urbanos e rurais.

Quanto ao impacto ambiental constata-se que a área em estudo passa por um sério problema de poluição hídrica. A visão da atualidade é de que a qualidade das águas dos recursos hídricos depende das atividades desenvolvidas em uma bacia hidrográfica. Para tanto, o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser feito levando-se em consideração o uso do solo da bacia de forma integrante como um todo, onde todos os recursos naturais e atividades econômicas devem ser levados em consideração como sistema interagindo em conjunto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRON, L. A & CORBITT, R. A. Air and water quality standards. In: CORBITT, R. A. **Standard Handbook of Environmental Engineering**. 2 ed., McGraw-Hill, 1999. p. 3.1-3.33.

AGUDO, E.G. et al. **Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água**. São Paulo – CETESB, 1987. 150p.

ALMEIDA, M. A B. & SCHWARZBOLD, A. Avaliação Sazonal da Qualidade das Águas do Arroio Cria Montenegro, RS com Aplicação de um Índice de Qualidade da Água (IQA). In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n. 1.jan./mar. 2003. p. 81-97.

ARAÚJO, I. C. P. et al. Monitoramento da qualidade das águas no Brasil. In: **O Estado das Águas no Brasil: Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Brasília- DF: ANEEL, SIH, MMA, SRH, MME. 1999. 175-183p.

ARAÚJO, J. C. de & SANTAELLA, S. T. Gestão da Qualidade. In: **Gestão de Águas: princípios e práticas**. (Org.) Nilson Campos e Ticiane Studart.. Porto Alegre. ABRH, 2001 p.139-157.

AZEVEDO, L. G. T.; PORTO, R. L. L.; PORTO, M. Sistema de apoio a decisão para o gerenciamento integrado de quantidade e qualidade da água: metodologia e estudo de caso. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.1. jan../mar.1998. p.21-51.

BARRELLA, W. O Rio Tietê: “este famoso ignorado”. In: TAU-K-TORNISIELO, S. M. et al. (Org.) **Análise Ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: T. A Queiroz, Fundação Salim Farah Maluf, 1995. p. 140-145.

BENDATI, M. M.; SCHWARZBACH, M. S. R.; MAIZONAVE, C. R. M.; ALMEIDA, L. B.; BRINGHENTI, M. L. Avaliação da Qualidade da Água do Lago Guaíba (Rio Grande do Sul – Brasil) como suporte para a Gestão da Bacia Hidrográfica. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000. 20p. (CD-ROM)

BERGER, M. G. **Setorização dos Impactos Ambientais no Arroio Cadena, Município de Santa Maria – RS: uma proposta de análise sobre risco ambiental.** UFSM. Santa Maria. 2001. Trabalho de Graduação “A”.

BERGER, M. G. **Inundações/alagamentos na área urbana de Santa Maria associado à ação antrópica e a distribuição das chuvas entre 1980 e 1995.** UFSM, Santa Maria, 1999, Trabalho de Graduação “B”.

BESSA, M.R.R. N.; NOGUEIRA, I. de S.; ARAÚJO, A. de O. Avaliação da qualidade da água bruta em alguns mananciais do Estado de Goiás, no período de 1998-99. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000. 10p. (CD-ROM)

BIANCHETI, L. et al. Análise Microbiológica das Águas do Arroio Cadena, no período de setembro de 1998 a maio de 2001. In: **XVI Jornada Acadêmica Integrada da Universidade Federal de Santa Maria.** Santa Maria. 2001.

BOLFE, S. A. **Expansão Urbana de Santa Maria, RS: uma avaliação da adequabilidade do uso do solo.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. São Paulo. 1997. 156p.

BOUCINHAS, J. F. da C. Caracterização da Bacia do Alto Tietê e sua Situação quanto ao Saneamento Básico. In: TAUK-TORNISIELO, S. M. et al. (Org.) **Análise Ambiental: estratégias e ações.** São Paulo: T. A Queiroz, Fundação Salim Farah Maluf, 1995. p. 145-150.

BRAGA, B.; BARBOSA, P.S.F.; NAKAYAMA, P. T. Sistemas de Suporte à Decisão em Recursos Hídricos. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.3. jul./set.1998. p.73-95.

BRANCO, S. M. **Eossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente.** 2ª ed. Editora Edgard Blücher Ltda. 1999. p. 202.

BROWN, R. M., MCCLELLAND, N. I., DEININGER, R. A., TOZER, R. G.. “**A water quality index - do we dare?**” Water and Sewage Works. October. 1970. p. 339-343.

CARGNIN, R. H. O. et al. Monitoramento Microbiológico das Águas do Arroio Cadena, no Período de Setembro de 1998 a maio de 2001. In: **XIV Salão de Iniciação Científica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre. 2002.

_____. Índices Colimétricos e Bactérias Isoladas nas diferentes Estações do ano entre 1998 a 2001, no arroio Cadena – RS. **XVII Jornada Acadêmica Integrada, UFSM.** Santa Maria. 2002.

CASSARO, L. & CARREIRA, M. F. Fatores de Degradação Ambiental da Bacia de Captação de Água para a Cidade de Maringá – Rio Pirapó. In: **Sanare. Revista Técnica Sanepar**, Curitiba, v.16, nº 16, p. 35-41, jul./dez. 2001.

CHAPMAN, D. & KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. 2 ed., Cambridge: UNESCO/WHO/UNEP,1998. p.59-126.

COMITESINOS (COMITÊ DE PRESERVAÇÃO, GERENCIAMENTO E PESQUISA DA BACIA DO RIO DOS SINOS). Programa integrado de monitoramento da qualidade da água do rio dos Sinos e seus afluentes. Aplicação de um índice de qualidade da água no rio dos Sinos. Período de novembro/1989 à outubro /1991. Porto Alegre. 38 p, 1993

____.Programa Integrado de Monitoramento da Qualidade da Água do Rio dos Sinos e seus Afluentes. Aplicação de um Índice de Qualidade da Água no Rio dos Sinos. **Relatório Técnico. Porto Alegre. 33p. 1990.**

CONEJO, J. G. L. A Outorga da Água como Instrumento de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. In: **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro. Fundação Getúlio Vargas, V. 27, n.2, p. 28-62, Abr./Jun., 1993.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Estabelece classificação

para águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. **DOU, Brasília – DF, de 30 de julho de 1986.**

EASTMAN, J. A. Water Quality Management. In: DAVIS, M. L. & CORNWELL, D.A. **Introduction to Environmental Engineering.** 2. ed., Estados Unidos da América: McGraw-Hill, 1991. p. 261-309.

FLORES, A. P. & SORRINI, E. Monitoramento em Tempo Real da Qualidade da Água dos Mananciais da Região Metropolitana de São Paulo. In: **Sanare. Revista Técnica Sanepar**, Curitiba, v.16, nº 16, p. 28-34, jul./dez. 2001.

FREITAS, M. A. V. de & SANTOS, A. H. M. **Importância da Água e da Informação Hidrológica.** In: O Estado das Águas no Brasil: Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos Brasília- DF: ANEEL, SIH, MMA, SRH, MME. 1999. 13-16p.

FUJIMOTO, N. S. V. M. **Análise Geomorfológica de Itapuã - RS: contribuição ao conhecimento da margem norte da Laguna dos Patos.** Dissertação de Mestrado em Geografia. USP, São Paulo, 1994, 175p.

GANZELI, J. P. Aspectos Ambientais do Planejamento dos Recursos Hídricos: a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba. In: TAUKE-TORNISIELO, S. M. et al. (Org.) **Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar.** 2ª ed. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995) p. 134-140.

GASTALDINI, M. C. C. Estudo Comparativo de Índices de Qualidade de Água: Aplicação ao Reservatório do Arroio Vacacaí-Mirim. In: VIII SILUBESA - SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 1998, João Pessoa – Paraíba. **Anais...** Paraíba: ABES –APRH, vol. II, 1998. p. 209-222.

GASTALDINI, M. C. C.; PAIVA, E. M. C. D. de & PAIVA, J. B. D. de. Inter-Relações entre dados de Monitoramento de Qualidade da Água e Hidrológico – Aplicação ao Reservatório do Arroio Vacacaí-Mirim. **In: Revista Engenharia Sanitária e Ambiental** 2001, v.6, n.1 - jan./mar 2001 e n.2 – abr/jun 2001. p. 23-29.

GASTALDINI, M. C. C. & MENDONÇA, A. S. f. Conceitos para avaliação da qualidade da água. In:; PAIVA, J. B. D. & PAIVA, E. M. C. D. de (Orgs.) **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. p.428-451

GASTALDINI, M. C. C.; SEFFRIN, G. F. F. & PAZ, M. F. Diagnóstico Atual e Previsão Futura da Qualidade das Águas do Rio Ibicuí Utilizando o Modelo QUAL2E. **In: Revista Engenharia Sanitária e Ambiental** 2002, v.7, n.1, jul./set 2002 e n.4 – out/dez 2002. p. 129-138.

GASTALDINI, M. C. C. & IRION, C. A. O. Levantamento Sanitário da Bacia do Rio Ibicuí – Avaliação das Cargas Poluidoras Atuais. **In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental** 2001, João Pessoa - Paraíba. p. 1-10.

GOLDSCHIMIDT JR., J. L. et al. **Análise Físico Química e Microbiológica do Arroio Cadena**, Santa Maria - RS. 1995.

HARTMANN, A. **Análise do Perfil Sócio-Econômico de Infra-Estrutura e Uso do Solo Urbano na Vila Caramelo em Santa Maria – RS**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2002. Trabalho de Graduação “A”.

HESPANHOL, I. & PROST, A. M. E. **Who Guidelines and National Standards for Reuse and Water Quality**. Pergamon Press Ltd. Great Britain. Vol.28, nº1, 1994. p.119-124.

HENCH, K. R.; BISSONNETTE, G. K.; SEXSTONE, A. J.; COLEMAN, J. G.; GARBUTT, K.; SKOUSEN, J. G. **Fate of physical, chemical, and microbial contaminants in domestic wastewater following treatment by small constructed wetlands**. Pergamon Water Research. 2003. p. 921-927.

IDE, C. N.; ROCHE, K. F.; TROLI, A. C.; GÇALVES, J. L.; IMOLENE, L. M.; GAMEIRO, L. F. S.; SEIXAS, M. A. C.; SCHIO, R. IQAS para Mato Grosso do Sul : quais refletem a situação real?. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000. 11p. (CD-ROM)

JÚNIOR, D. R. de PAULA. Impacto Ambiental da Agroindústria: Tecnologias para Controle de Resíduos. In: TAUKTORNISIELO, S. M. et al. (Org.) **Análise Ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: T. A Queiroz, Fundação Salim Farah Maluf, 1995. p. 248-252.

JÚNIOR, V. I.; JORDÃO, E. P.; VIANA, P. Z.; BONIS, A. de; BARROSO, A. F. da; SPÍNDOLA, R. P.; SALEK, M. A. Avaliação do comprometimento da Qualidade da água da Bacia do rio Guandu (RJ) e a Validade de Aplicação do IQA. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, XXII, 2003, Joinville - Santa Catarina. **Anais...**Joinville - Santa Catarina: ABES, 2003. p1-15.

JÚNIOR, E. O. Bacias Hereditárias. In: **Sanare. Revista Técnica Sanepar**, Curitiba, v.15, nº 15, p. 7-8, jan./jun. 2001.

LANNA, A E. L. Instrumentos de Gestão das Águas: visões laterais. In: CHASSOT, A. & CAMPOS, H. (Orgs.) **Ciência da Terra e Meio Ambiente: Diálogos para (inter) ações no Planeta**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1999. p. 231-247.

LEMOS, A. C. P. N. Planejamento e gerenciamento da exploração dos recursos naturais. In: CHASSOT, A. & CAMPOS, H. (Orgs.) **Ciência da Terra e Meio Ambiente: Diálogos para (inter) ações no Planeta**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1999. p. 51-73.

LOYOLA e SILVA, M. H. N.de & DZIEDZIC, M. Análise e Modelagem da Qualidade da Água em Rios. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Água em Quantidade e Qualidade: o desafio do próximo milênio**. 28 de nov. a 2 de dez. de 1999. Belo Horizonte. 2ªed. p.1-16.

MACHADO, P. A. L. Direito Ambiental e a Realidade Brasileira. In: TAUKE-TORNISIELO, S. M. et al. (Org.) **Análise Ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: T. A Queiroz, Fundação Salim Farah Maluf, 1995. p. 34-40.

MACIEL FILHO, C. L. **Carta de Unidades Geotécnicas de Santa Maria – RS**. Santa Maria. Escala 1:25.000. 1990.

MACINA, I. L. F. & MENDONÇA, A. S. F. Avaliação da Qualidade da Água a montante e a Jusante de reservatórios localizados na Bacia do rio Santa Maria da Vitória. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E

AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000. 7p. (CD-ROM)

MAGALHÃES, N. F.; NUNES, A. B. De a.; CEBALHOS, B. S. O.; KONING, A. Principais Impactos nas margens do Baixo Rio Bodocongó – PB, decorrentes da irrigação com águas poluídas com esgotos. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000. 1-10p. (CD-ROM)

MAYER, J. L. **Poluição dos Cursos D'água pelos Esgotos Domésticos**. Santa Maria. UFSM. Monografia de Especialização. 1999.

MELLO, L. F. da S. et al. **Proposições para Restauração e Reurbanização de Áreas Limítrofes do Arroio Cadena**. Santa Maria: UFSM, 1996. 160p.

MENEZES, C. L. **Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente**. Campinas, São Paulo. Papirus. 1996.

MERTEN, G. H. & MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v. 3, n.4, out/dez. 2002.

MEYBECK, M. & HELMER, R. An Introduction to Water. In: CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. 2ª ed., Cambridge: UNESCO/WHO/UNEP, 1998. p. 01-22.

MIRANDA, C. R. de.; PERDOMO, C. C.; SEIFFERT, N. F.; PAIVA, D. P. de; SILVA, A. P. da. Diagnóstico Sócio-Econômico e

Ambiental da Sub-Bacia Hidrográfica do Lajeado Fragosos – Concórdia - SC. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000. 1-11p. (CD-ROM)

MORAES, A. C. R. O lixo e as águas. In: **Ciência e Ambiente**. Lixo Urbano. Universidade Federal de Santa Maria. Editora da UFSM - n° 18 (jan./jun. 1999) Santa Maria: Semestral. p.21-22.

MORANDI, I. C. & FARIA, C. M. A Difícil Recuperação de Arroios em áreas urbanas – Arroio Dilúvio – Porto Alegre – RS. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000. 1-14p. (CD-ROM)

MOTA, S. & AQUINO, M. D. de. Gestão Ambiental. In: CAMPOS, N. & STUDART, T. (Orgs.) **Gestão das Águas: princípios e práticas**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. p. 111-127.

MOTA, S. Preservação e Conservação dos Recursos Hídricos. 2ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

_____.Urbanização e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

_____.Introdução à Engenharia Ambiental. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

_____.Planejamento Urbano e Preservação Ambiental. Fortaleza. Edições UFC, 1991.

OLIVEIRA, K. W. de; MORAIS, P. B. de; SERZEDELO, J.L. Qualidade e conservação da água, o paradigma de um futuro imediato.

In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000. 9p. (CD-ROM)

PASQUAL, A. Capacidade suporte dos ecossistemas. In: TAUKTORNISIELO, S. M. et al. (Org.) **Análise Ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: T. A Queiroz, Fundação Salim Farah Maluf, 1995. p. 43-50.

PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M., PERET, A. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. **Análise da qualidade da água e aplicação do índice de proteção da vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu. Ecotoxicologia: perspectivas para o Século XXI**. São Carlos. Rima Editora. 575p, 2000.

PEREIRA, D. & LUCA, S. J. Avaliação ambiental da micro-bacia do arroio Capivara, município de Triunfo, RS, Brasil. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000. 3p. (CD-ROM)

PINHEIRO, A. C. **Levantamento e Análise do Processo de Ocupação Irregular do Solo Urbano nos últimos 30 anos em Santa Maria/RS**. Trabalho de Graduação “A”. Santa Maria/UFSM/CCNE/Departamento de Geociências, 2002. 112p.

PORTO, M. F. A. Estabelecimento de parâmetros de controle da poluição. In: PORTO, R. L.L. (Org.) **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. p. 375-390 (Coleção ABRH de Recursos

PORTO, M. F. A; BRANCO, S. M. & DE LUCA, S. J. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R. L.L. (Org.) **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. p. 27-66 (Coleção ABRH de Recursos Hídricos,; v. 3)

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA – SECRETARIA DE MUNICÍPIO DE PLANEJAMENTO. **Projeto Básico de Canalização do Arroio Cadena na Cidade de Santa Maria – RS**. Memória Geral. Magna Engenharia Ltda. 1998, 62p.

RIZZI, N. E. Índices de Qualidade de Água. In: **Sanare. Revista Técnica Sanepar**, Curitiba, v.15, nº 15, p. 11-20, jan./jun. 2001.

SANTOS, Z. S. dos. **Simulação da Qualidade da Água de Bacia Urbano-Rural utilizando-se do QUAL2E**. Porto Alegre. Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH, Dissertação de Mestrado. 2001. 83p.

SCHMITZ, C. C. Água para todos? In: CHASSOT, A. & CAMPOS, H. (Orgs.) **Ciência da Terra e Meio Ambiente: Diálogos para (inter) ações no Planeta**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1999. p. 229-230.

SEWELL, G. H. **Administração e Controle da Qualidade Ambiental**. São Paulo. EPU - Editora Pedagógica Universitária. Ed. Universidade de São Paulo: CETESB, 1978.

SILVA, C. E., SILVEIRA, G. L., IRION, C. A. O., CRUZ, J. C. Monitoramento Quali-Quantitativo dos Recursos Hídricos em Pequena Bacia Hidrográfica. In: XXVII Congresso Interamericano de

Engenharia Sanitária y Ambiental, 27 a 31 outubro de 2002. In: Anais. Cancun/México, 2002.

SILVA, F. F. da; CAVALCANTI, B. F.; SILVA, A. M.; ESPINEL, X. F. Estudo da qualidade da água com os índices IQA, Norton, McDuffie, Prati e Denius no Rio Paraíba/PE - AL. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Água em Quantidade e Qualidade: o desafio do próximo milênio.** Belo Horizonte, 28 de nov. a 2 de dez. de 1999, p.1-15.

SILVA, A. M. M. da & SACOMANI, L. B. (2001). **Using Chemical and Physical Parameters to define the Quality of Pardo River Water (Botucatu-SP-Brazil).** Water Res. Vol. 35, nº6 p.609-616.

SILVEIRA, G. L. da & TUCCI, C. E. M. Monitoramento em pequenas bacias para a estimativa de disponibilidade hídrica. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.3. jul./set.1998. p.97-110.

SILVEIRA, G. L. da., SILVA, C. E., IRION, C. A. O., CRUZ, J. C., REETZ, E. F. Balanço de Cargas Poluidoras pelo Monitoramento Quali-quantitativo dos Recursos Hídricos em Pequena Bacia Hidrográfica. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v.8, n.1. jan./mar.2003. p. 5-11.

SILVEIRA, G. L. da., ROBAINA, A. D., GIOTTO, E. & DEWES, R. Outorga para uso dos recursos hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.3. jul./set.1998. p.5-16.

SILVEIRA, G. L. da; TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A L. L. da .
Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.3. jul./set.1998. p.111-131.

SOUZA, B. S. P. e. **A Qualidade da Água de Santa Maria/RS: uma análise ambiental das sub bacias hidrográficas dos rios Ibicuí Mirim e Vacacaí Mirim.** Universidade de São Paulo – USP. Departamento de Geografia. Tese de Doutorado. São Paulo, 2001. 234p.

SOUZA, S. N. de & FLORENCIO, L. Critérios para escolha de Modelos Matemáticos como Ferramenta de Apoio ao Gerenciamento da Qualidade da Água de Bacias Hidrográficas. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000. 8p. (CD-ROM)

STREK, C. D.; ORTIZ, L. S.; TEIXEIRA, E. C.; SÁNCHEZ, J. C. D. A influência das atividades do processamento do carvão sobre a qualidade das águas na Bacia do Arroio Candiota /RS – Estudo Preliminar. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000. 1-8p. (CD-ROM)

TAMANINI, J. Z. et al. Análise Físico-Química e Microbiológica da Água do Arroio Cadena. In: **51^a Reunião Anual da SBPC.** Pontifícia Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1999.

TATSI, A. A. & ZOUBOULIS, A. I. **A field investigation of the quantity and quality of leachate from a municipal solid waste**

landfill in a Mediterranean climate (Thessaloniki, Greece).
Elsevier - Advances in Environmental Research. 2002 p. 207-219.

UNAMI, K. & KAWACHI, T. **Universal optimization of water quality management strategy.** ELSEVIER - Advances in Water Resources. 2003. p1-8

VERNIER, J. O Meio Ambiente. Campinas-São Paulo. Papirus, 1994.

VESENICK, D. P. M & VASCONCELLOS, M. G. M. **O Processo de Verticalização na área central do município de Santa Maria – RS.** UFSM, Santa Maria, 1997. Trabalho de Graduação “B”.

Von SPERLING, E. A importância do estudo da relação quantidade x qualidade da água no gerenciamento de represas. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000b. 4p. (CD-ROM)

____. Poluição de ambientes aquáticos: tendências futuras para os países latino-americanos. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000a. 4p. (CD-ROM)

____. Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos de água e de lançamento de efluentes líquidos. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, n.1. 1998. p.111-132.

____. Monitoramento simplificado de mananciais superficiais. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001. João Pessoa. **Anais...**João Pessoa: ABES, 2001. 3p. (CD-ROM).

YASSUDA, E. R. Gestão de Recursos Hídricos: Fundamentos e Aspectos Institucionais. In: **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro. Fundação Getúlio Vargas, V. 27, n.2, p. 5-18, Abr./Jun., 1993.

7 ANEXOS

ANEXO 1 – RESULTADOS DAS CAMPANHAS DO MONITORAMENTO QUALITATIVO DADOS BRUTOS

Ponto de amostragem P-A – Novembro/2002 – Abril/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta					
		06/11/02	11/12/02	23/01/03	05/02/03	26/03/03	23/04/03
Horário	-	09:30	08:40	09:50	09:45	11:30	12:45
Temperatura do ar	(° C)	16,8	22,3	24,1	27,9	25,0	26,0
Temperatura da água	(° C)	18,2	21,3	23,3	25,0	21,1	22,0
Turbidez	(NTU)	15,86	9,33	9,33	12,28	14,81	19,28
pH	-	5,58	7,56	7,18	7,16	7,75	7,39
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	4,65	4,61	1,51	1,00	2,34	0,08
Oxigênio Dissolvido	(%)	51,32	53,89	18,28	12,45	27,74	0,95
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	330,0	327,0	352,0	369,0	472,0	479,0
DQO	(mg/L)	50,00	50,00	91,00	100,00	37,00	80,13
DBO	(mg/L)	3,00	11,00	88,00	60,00	1,50	58,32
Sólidos Totais	(mg/L)	224,0	218,0	218,0	294,0	248,0	310,0
Sólidos Suspensos	(mg/L)	11,9	7,7	12,2	14,4	9,6	23,6
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	212,1	210,3	205,8	279,6	238,4	286,4
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,1
Nitrato	(mg/L)	2,39	1,21	0,28	0,14	0,87	nd
Fósforo Total	(mg/L)	0,720	0,721	0,714	0,865	1,464	nd
Cloretos	(mg/L)	21,75	16,75	21,25	25,25	25,50	34,50
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	112,32	733,00	149,50	115,70	159,90	164,00
Acidez	CaCO ₃ mg/L	6,79	7,43	28,71	29,70	13,37	21,29
Óleos e Graxas	(mg/L)	5,60	0,30	10,37	7,20	0,95	9,20
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	nd	110000	11000000	nd	210000	240000
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	nd	2000	11000000	nd	210000	240000

Os dados em destaque representam os valores desconsiderados na consistência de dados.

nd: valores não determinados

Ponto de amostragem P-A – Maio/2003 – Novembro/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta						
		12/5/2003	9/6/2003	29/7/2003	11/8/2003	18/9/2003	23/10/2003	20/11/2003
Horário	-	11:10	11:10	16:30	16:15	16:15	14:08	14:14
Temperatura do ar	(° C)	19,0	14,2	18,5	18,0	25,5	25,9	21,2
Temperatura da água	(° C)	19,8	17,0	18,5	17,0	20,0	22,3	22,0
Turbidez	(NTU)	7,46	12,13	34,50	38,87	34,21	9,33	16,33
pH	-	7,37	7,46	7,31	7,30	7,22	7,43	7,40
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	1,64	1,40	1,17	1,07	0,51	2,76	0,17
Oxigênio Dissolvido	(%)	18,65	15,39	13,24	11,76	5,94	33,48	2,05
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	450,0	451	440	514	500	466	350
DQO	(mg/L)	68,85	54,46	60,78	99,36	129,31	71,07	55,17
DBO	(mg/L)	31,53	32,67	41,76	83,19	50,91	33,91	32,72
Sólidos Totais	(mg/L)	247,0	228,0	466,0	529,6	532,0	480,8	349,0
Sólidos Suspensos	(mg/L)	17,2	5,6	26,0	17,6	32,0	13,8	20,2
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	229,8	222,4	440,0	512,0	500,0	467	328,8
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	0,7	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitrato	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fósforo Total	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cloretos	(mg/L)	27,75	40,37	30,80	3,39	33,52	40,84	20,59
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	163,71	144,84	137,76	154,98	154,52	150,79	121,94
Acidez	CaCO ₃ mg/L	15,84	8,71	14,86	19,82	20,81	21,8	19,82
Óleos e Graxas	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	nd	28000	1100000	2400000	2400000	nd	1413600
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	nd	6400	460000	2400000	2400000	nd	410600

Os dados em destaque representam os valores desconsiderados na consistência de dados.

nd: valores não determinados

Ponto de amostragem P-B – Novembro/2002 – Abril/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta					
		6/11/2002	11/12/2002	23/1/2003	5/2/2003	26/3/2003	23/4/2003
Horário	-	11:30	09:40	10:30	10:20	10:40	11:40
Temperatura do ar	(° C)	18,5	22,7	24,1	28,9	27,9	25,0
Temperatura da água	(° C)	18,1	21,3	23,7	25,3	20,8	20,0
Turbidez	(NTU)	27,21	28,61	28,61	50,23	22,86	20,68
pH	-	7,36	7,36	7,40	7,44	7,50	7,38
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	9,01	8,00	7,67	7,10	8,76	4,51
Oxigênio Dissolvido	(%)	99,23	93,51	93,44	88,85	101,58	51,53
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	64,4	63,1	78,8	91,7	74,0	102,2
DQO	(mg/L)	70,00	30,00	5,10	80,00	4,00	12,82
DBO	(mg/L)	3,00	3,00	0,90	4,19	2,00	8,46
Sólidos Totais	(mg/L)	116,0	124,0	102,0	132,0	104,0	130,0
Sólidos Suspensos	(mg/L)	12,7	17,5	18,8	21,0	12,3	16,2
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	103,3	106,5	83,2	111,0	91,7	113,8
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	0,001	<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,1
Nitrato	(mg/L)	1,06	0,15	0,56	0,70	1,40	nd
Fósforo Total	(mg/L)	0,047	0,085	0,840	0,415	0,218	nd
Cloretos	(mg/L)	5,50	1,50	2,00	3,50	2,25	12,75
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	26,33	150,50	34,45	39,00	33,15	44,50
Acidez	CaCO ₃ mg/L	5,82	2,97	2,48	10,89	4,95	4,95
Óleos e Graxas	(mg/L)	nd	nd	6,00	9,60	0,31	1,80
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	46000	29000	460000	nd	240000	240000
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	24000	7500	22000	nd	240000	240000

Os dados em destaque representam os valores desconsiderados na consistência de dados.

nd: valores não determinados

Ponto de amostragem P-B – Maio/2003 – Novembro/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta						
		12/5/2003	9/6/2003	29/7/2003	11/8/2003	18/9/2003	23/10/2003	20/11/2003
Horário	-	10:20	10:30	15:45	15:25	15:35	15:06	15:06
Temperatura do ar	(° C)	16,5	14,5	18,5	15,0	22,0	23,1	23,6
Temperatura da água	(° C)	16,2	14,5	18,5	15,0	20,0	23,7	23,0
Turbidez	(NTU)	18,04	19,75	26,12	19,28	23,01	30,79	38,25
pH	-	7,43	7,240	7,230	7,560	7,470	7,52	7,33
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	8,22	8,23	6,15	6,78	6,12	7,41	3,08
Oxigênio Dissolvido	(%)	87,21	85,89	69,61	71,55	71,31	92,07	37,86
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	84,0	82,3	88,0	98,5	110,0	100,0	58,8
DQO	(mg/L)	14,34	8,38	10,91	9,84	8,62	8,26	8,28
DBO	(mg/L)	4,26	5,00	3,71	4,15	7,34	4,61	6,97
Sólidos Totais	(mg/L)	119,0	120,0	102,8	100,4	121,2	116,4	58,0
Sólidos Suspensos	(mg/L)	9,0	10,4	14,8	2,4	11,2	16,4	20,8
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	110,0	109,6	88,0	98,0	110,0	100,0	37,2
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrato	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fósforo Total	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cloretos	(mg/L)	2,75	6,47	3,23	0,41	4,08	8,68	2,21
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	30,60	34,68	29,32	34,44	42,35	44,68	34,91
Acidez	CaCO ₃ mg/L	4,46	3,96	1,981	3,96	4,46	5,45	3,96
Óleos e Graxas	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	nd	15000	24000	24000	110000	nd	8800
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	nd	2800	24000	24000	15000	nd	3130

Os dados em destaque representam os valores desconsiderados na consistência de dados.

nd: valores não determinados

Ponto de amostragem P-C – Novembro/2002 – Abril/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta					
		6/11/2002	11/12/2003	23/1/2003	5/2/2003	26/3/2003	23/4/2003
Horário	-	12:35	11:00	11:35	11:30	09:10	10:10
Temperatura do ar	(° C)	24,5	27,1	36,1	28,8	23,1	25,0
Temperatura da água	(° C)	24,0	23,1	27,9	27,9	20,0	20,0
Turbidez	(NTU)	18,97	24,72	24,72	8,71	11,66	55,82
pH	-	7,49	7,06	7,71	7,69	7,52	7,42
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	6,55	6,60	7,83	3,75	8,81	3,27
Oxigênio Dissolvido	(%)	80,18	79,64	101,91	48,80	100,66	37,36
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	186,8	196,6	268,0	301,0	216,0	266,0
DQO	(mg/L)	50,00	100,00	36,00	60,00	13,00	51,28
DBO	(mg/L)	2,00	12,00	11,85	18,00	1,00	15,56
Sólidos Totais	(mg/L)	168,0	174,0	164,0	174,0	152,0	250,0
Sólidos Suspensos	(mg/L)	22,0	27,4	8,0	5,0	12,0	81,2
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	146,0	146,6	156,0	169,0	140,0	168,8
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	0,002	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,1
Nitrato	(mg/L)	1,86	0,83	0,49	0,21	1,57	nd
Fósforo Total	(mg/L)	0,251	0,376	0,749	0,740	0,478	nd
Cloretos	(mg/L)	14,25	9,75	17,75	18,50	12,75	20,50
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	66,11	416,00	96,20	118,30	80,60	92,50
Acidez	CaCO ₃ mg/L	6,31	5,45	5,45	13,86	6,44	8,91
Óleos e Graxas	(mg/L)	6,70	167,70	2,90	11,00	3,50	6,00
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	24000	240000	150000	nd	240000	240000
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	24000	29000	93000	nd	21000	240000

Os dados em destaque representam os valores desconsiderados na consistência de dados.

nd: valores não determinados

Ponto de amostragem P-C – Maio/2003 – Novembro/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta						
		12/5/2003	9/6/2003	29/7/2003	11/8/2003	18/9/2003	23/10/2003	20/11/2003
Horário	-	09:30	09:30	14:25	14:05	14:20	16:00	15:56
Temperatura do ar	(° C)	19,8	13,5	19,8	18,0	27,0	23,5	25,7
Temperatura da água	(° C)	17,5	14,5	19,0	18,5	23,5	23,0	23,1
Turbidez	(NTU)	11,97	9,33	14,31	7,58	20,06	13,84	23,01
pH	-	7,35	7,26	7,34	7,58	7,52	7,77	7,48
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	4,36	5,72	4,04	5,43	5,47	7,04	5,75
Oxigênio Dissolvido	(%)	47,45	59,69	46,18	61,46	67,72	86,53	70,76
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	242,0	251,0	254,0	280,0	322,0	287,0	208,0
DQO	(mg/L)	25,82	12,57	21,82	36,61	46,55	33,06	22,06
DBO	(mg/L)	9,72	8,81	12,24	15,75	12,31	12,48	11,84
Sólidos Totais	(mg/L)	174,0	153,0	167,0	289,2	346,8	299,8	208,0
Sólidos Suspensos	(mg/L)	12,4	7,4	12,0	8,2	23,8	11,80	24,8
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	161,6	145,6	255,0	281,0	323,0	288	183,2
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrato	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fósforo Total	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cloretos	(mg/L)	15,25	24,07	14,98	1,77	20,08	26,38	11,4
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	81,60	89,76	87,50	87,03	89,36	99,6	72,14
Acidez	CaCO ₃ mg/L	8,42	8,32	6,94	9,91	11,4	14,37	8,92
Óleos e Graxas	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	nd	2200	460000	240000	460000	nd	410600
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	nd	2200	460000	240000	110000	nd	98800

Os dados em destaque representam os valores desconsiderados na consistência de dados.

nd: valores não determinados

**ANEXO 2 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE
DADOS CONSISTIDOS**

Ponto de amostragem P-A – Novembro/2002 – Abril/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta					
		06/11/02	11/12/02	23/01/03	05/02/03	26/03/03	23/04/03
Horário	-	09:30	08:40	09:50	09:45	11:30	12:45
Temperatura do ar	(° C)	16,8	22,3	24,1	27,9	25,0	26,0
Temperatura da água	(° C)	18,2	21,3	23,3	25,0	21,1	22,0
Turbidez	(NTU)	15,86	9,33	9,33	12,28	14,81	19,28
pH	-	7,38	7,56	7,18	7,16	7,75	7,39
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	4,65	4,61	1,51	1,00	2,34	0,08
Oxigênio Dissolvido	(%)	51,32	53,89	18,28	12,45	27,74	0,95
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	330,0	327,0	352,0	369,0	472,0	479,0
DQO	(mg/L)	50,00	50,00	91,00	100,00	37,00	80,13
DBO	(mg/L)	47,22	47,22	47,22	60,00	47,22	58,32
Sólidos Totais	(mg/L)	224,0	218,0	218,0	294,0	248,0	310,0
Sólidos Suspensos	(mg/L)	11,9	7,7	12,2	14,4	9,6	23,6
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	212,1	210,3	205,8	279,6	238,4	286,4
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,1
Nitrato	(mg/L)	2,39	1,21	0,28	0,14	0,87	0,98
Fósforo Total	(mg/L)	0,720	0,721	0,714	0,865	1,464	0,897
Cloretos	(mg/L)	21,75	16,75	21,25	25,25	25,50	34,50
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	112,32	733,00	149,50	115,70	159,90	164,00
Acidez	CaCO ₃ mg/L	6,79	7,43	28,71	29,70	13,37	21,29
Óleos e Graxas	(mg/L)	5,60	0,30	10,37	7,20	0,95	9,20
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	2100178	110000	11000000	2100178	210000	240000
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	1903222	2000	11000000	1903222	210000	240000

Valores em destaque representam os dados consistidos

Ponto de amostragem P-A – Maio/2003 – Novembro/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta						
		12/5/2003	9/6/2003	29/7/2003	11/8/2003	18/9/2003	23/10/2003	20/11/2003
Horário	-	11:10	11:10	16:30	16:15	16:15	14:08	14:14
Temperatura do ar	(° C)	19,0	14,2	18,5	18,0	25,5	25,9	21,2
Temperatura da água	(° C)	19,8	17,0	18,5	17,0	20,0	22,3	22,0
Turbidez	(NTU)	7,46	12,13	34,50	38,87	34,21	9,33	16,33
pH	-	7,37	7,46	7,31	7,30	7,22	7,43	7,40
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	1,64	1,40	1,17	1,07	0,51	2,76	0,17
Oxigênio Dissolvido	(%)	18,65	15,39	13,24	11,76	5,94	33,48	2,05
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	450,0	451	440	514	500	466	350
DQO	(mg/L)	68,85	54,46	60,78	99,36	129,31	71,07	55,17
DBO	(mg/L)	31,53	32,67	41,76	47,22	50,91	33,91	32,72
Sólidos Totais	(mg/L)	247,0	228,0	466,0	529,6	532,0	480,8	349,0
Sólidos Suspensos	(mg/L)	17,2	5,6	26,0	17,6	32,0	13,8	20,2
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	229,8	222,4	440,0	512,0	500,0	467	328,8
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	0,7	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitrato	(mg/L)	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Fósforo Total	(mg/L)	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897	0,897
Cloretos	(mg/L)	27,75	40,37	30,80	3,39	33,52	40,84	20,59
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	163,71	144,84	137,76	154,98	154,52	150,79	121,94
Acidez	CaCO ₃ mg/L	15,84	8,71	14,86	19,82	20,81	21,8	19,82
Óleos e Graxas	(mg/L)	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	2100178	28000	1100000	2400000	2400000	2100178	1413600
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	1903222	6400	460000	2400000	2400000	1903222	410600

Valores em destaque representam os dados consistentes

Ponto de amostragem P-B – Novembro/2002 – Abril/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta					
		6/11/2002	11/12/2002	23/1/2003	5/2/2003	26/3/2003	23/4/2003
Horário	-	11:30	09:40	10:30	10:20	10:40	11:40
Temperatura do ar	(° C)	18,5	22,7	24,1	28,9	27,9	25,0
Temperatura da água	(° C)	18,1	21,3	23,7	25,3	20,8	20,0
Turbidez	(NTU)	27,21	28,61	28,61	50,23	22,86	20,68
pH	-	7,36	7,36	7,40	7,44	7,50	7,38
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	9,01	8,00	7,67	7,10	8,76	7,59
Oxigênio Dissolvido	(%)	99,23	93,51	93,44	88,85	101,58	86,75
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	64,4	63,1	78,8	91,7	74,0	102,2
DQO	(mg/L)	70,00	30,00	5,10	80,00	4,00	12,82
DBO	(mg/L)	3,00	3,00	0,90	4,19	2,00	8,46
Sólidos Totais	(mg/L)	116,0	124,0	102,0	132,0	104,0	130,0
Sólidos Suspensos	(mg/L)	12,7	17,5	18,8	21,0	12,3	16,2
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	103,3	106,5	83,2	111,0	91,7	113,8
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	0,001	<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,1
Nitrato	(mg/L)	1,06	0,15	0,56	0,70	1,40	0,77
Fósforo Total	(mg/L)	0,047	0,085	0,840	0,415	0,218	0,321
Cloretos	(mg/L)	5,50	1,50	2,00	3,50	2,25	12,75
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	26,33	150,50	34,45	39,00	33,15	44,50
Acidez	CaCO ₃ mg/L	5,82	2,97	2,48	10,89	4,95	4,95
Óleos e Graxas	(mg/L)	nd	nd	6,00	9,60	0,31	1,80
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	46000	29000	460000	119680	240000	240000
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	24000	7500	22000	60243	240000	240000

Valores em destaque representam os dados consistidos

Ponto de amostragem P-B – Maio/2003 – Novembro/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta						
		12/5/2003	9/6/2003	29/7/2003	11/8/2003	18/9/2003	23/10/2003	20/11/2003
Horário	-	10:20	10:30	15:45	15:25	15:35	15:06	15:06
Temperatura do ar	(° C)	16,5	14,5	18,5	15,0	22,0	23,1	23,6
Temperatura da água	(° C)	16,2	14,5	18,5	15,0	20,0	23,7	23,0
Turbidez	(NTU)	18,04	19,75	26,12	19,28	23,01	30,79	38,25
pH	-	7,43	7,240	7,230	7,560	7,470	7,52	7,33
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	8,22	8,23	6,15	6,78	6,12	7,41	7,59
Oxigênio Dissolvido	(%)	87,21	85,89	69,61	71,55	71,31	92,07	86,75
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	84,0	82,3	88,0	98,5	110,0	100,0	58,8
DQO	(mg/L)	14,34	8,38	10,91	9,84	8,62	8,26	8,28
DBO	(mg/L)	4,26	5,00	3,71	4,15	7,34	4,61	6,97
Sólidos Totais	(mg/L)	119,0	120,0	102,8	100,4	121,2	116,4	58,0
Sólidos Suspensos	(mg/L)	9,0	10,4	14,8	2,4	11,2	16,4	20,8
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	110,0	109,6	88,0	98,0	110,0	100,0	37,2
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrato	(mg/L)	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Fósforo Total	(mg/L)	0,321	0,321	0,321	0,321	0,321	0,321	0,321
Cloretos	(mg/L)	2,75	6,47	3,23	0,41	4,08	8,68	2,21
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	30,60	34,68	29,32	34,44	42,35	44,68	34,91
Acidez	CaCO ₃ mg/L	4,46	3,96	1,981	3,96	4,46	5,45	3,96
Óleos e Graxas	(mg/L)	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	119680	15000	24000	24000	110000	119680	8800
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	60243	2800	24000	24000	15000	60243	3130

Valores em destaque representam os dados consistentes

Ponto de amostragem P-C – Novembro/2002 – Abril/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta					
		6/11/2002	11/12/2003	23/1/2003	5/2/2003	26/3/2003	23/4/2003
Horário	-	12:35	11:00	11:35	11:30	09:10	10:10
Temperatura do ar	(° C)	24,5	27,1	36,1	28,8	23,1	25,0
Temperatura da água	(° C)	24,0	23,1	27,9	27,9	20,0	20,0
Turbidez	(NTU)	18,97	24,72	24,72	8,71	11,66	55,82
pH	-	7,49	7,06	7,71	7,69	7,52	7,42
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	6,55	6,60	5,27	3,75	5,27	3,27
Oxigênio Dissolvido	(%)	80,18	79,64	62,34	48,80	63,34	37,36
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	186,8	196,6	268,0	301,0	216,0	266,0
DQO	(mg/L)	50,00	100,00	36,00	60,00	13,00	51,28
DBO	(mg/L)	12,28	12,00	11,85	18,00	12,28	15,56
Sólidos Totais	(mg/L)	168,0	174,0	164,0	174,0	152,0	250,0
Sólidos Suspensos	(mg/L)	22,0	27,4	8,0	5,0	12,0	81,2
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	146,0	146,6	156,0	169,0	140,0	168,8
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	0,002	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,1
Nitrato	(mg/L)	1,86	0,83	0,49	0,21	1,57	0,99
Fósforo Total	(mg/L)	0,251	0,376	0,749	0,740	0,478	0,519
Cloretos	(mg/L)	14,25	9,75	17,75	18,50	12,75	20,50
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	66,11	416,00	96,20	118,30	80,60	92,50
Acidez	CaCO ₃ mg/L	6,31	5,45	5,45	13,86	6,44	8,91
Óleos e Graxas	(mg/L)	6,70	167,70	2,90	11,00	3,50	6,00
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	24000	240000	150000	246680	240000	240000
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	24000	29000	93000	131800	21000	240000

Valores em destaque representam os dados consistidos

Ponto de amostragem P-C – Maio/2003 – Novembro/2003

Variáveis	Unidade	Data da Coleta					
		12/5/2003	9/6/2003	29/7/2003	11/8/2003	18/9/2003	23/10/2003
Horário	-	09:30	09:30	14:25	14:05	14:20	16:00
Temperatura do ar	(° C)	19,8	13,5	19,8	18,0	27,0	23,5
Temperatura da água	(° C)	17,5	14,5	19,0	18,5	23,5	23,0
Turbidez	(NTU)	11,97	9,33	14,31	7,58	20,06	13,84
pH	-	7,35	7,26	7,34	7,58	7,52	7,77
Oxigênio Dissolvido	(mg/L)	4,36	5,72	4,04	5,43	5,47	7,04
Oxigênio Dissolvido	(%)	47,45	59,69	46,18	61,46	67,72	86,53
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	242,0	251,0	254,0	280,0	322,0	287,0
DQO	(mg/L)	25,82	12,57	21,82	36,61	46,55	33,06
DBO	(mg/L)	9,72	8,81	12,24	15,75	12,31	12,48
Sólidos Totais	(mg/L)	174,0	153,0	167,0	289,2	346,8	299,8
Sólidos Suspensos	(mg/L)	12,4	7,4	12,0	8,2	23,8	11,80
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	161,6	145,6	255,0	281,0	323,0	288
Sólidos Sedimentáveis	(mL/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrato	(mg/L)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Fósforo Total	(mg/L)	0,519	0,519	0,519	0,519	0,519	0,519
Cloretos	(mg/L)	15,25	24,07	14,98	1,77	20,08	26,38
Alcalinidade	CaCO ₃ mg/L	81,60	89,76	87,50	87,03	89,36	99,6
Acidez	CaCO ₃ mg/L	8,42	8,32	6,94	9,91	11,4	14,37
Óleos e Graxas	(mg/L)	32,97	32,97	32,97	32,97	32,97	32,97
Coliformes Totais	(NMP/100mL)	246680	2200	460000	240000	460000	246680
Coliformes Fecais	(NMP/100mL)	131800	2200	460000	240000	110000	131800

Valores em destaque representam os dados consistidos

**ANEXO 3 – NOTAS DE QUALIDADE PARA CÁLCULOS DOS ÍNDICES DE QUALIDADE
DA ÁGUA - DADOS CONSISTIDOS**

Ponto de amostragem P-A – Novembro/2002 – Novembro/2003

Data	Variáveis							IQA		
	Oxigênio Dissolvido	Coliformes Fecais	pH	DBO	Fósforo Total	Nitrato	Turbidez	Sólidos Totais	Somatório	Produtório
6/11/2002	87	2	93	27	87	95	62	77	63	39
11/12/2002	80	2	89	28	73	96	57	76	59	38
23/1/2003	61	2	91	49	49	97	57	77	56	37
5/2/2003	42	2	91	14	49	97	79	76	50	31
26/3/2003	61	2	92	27	63	95	73	79	57	36
23/4/2003	27	2	93	19	59	96	36	66	45	27
12/5/2003	40	2	93	35	59	96	72	76	53	34
9/6/2003	57	18	92	39	59	96	77	79	60	54
29/7/2003	39	2	93	27	59	96	68	77	52	33
11/8/2003	59	2	92	19	59	96	81	61	54	34
18/9/2003	71	2	92	27	59	96	61	53	55	35
23/10/2003	92	2	90	26	59	96	69	60	60	37
20/11/2003	76	4	93	28	59	96	59	71	58	41

Ponto de amostragem P-B – Novembro/2002 – Novembro/2003

Data	Variáveis							IQA		
	Oxigênio Dissolvido	Coliformes Fecais	pH	DBO	Fósforo Total	Nitrato	Turbidez	Sólidos Totais	Somatório	Produtório
6/11/2002	99	2	93	67	98	96	55	82	71	45
11/12/2002	98	2	93	67	97	97	54	81	71	45
23/1/2003	98	2	93	96	45	96	54	83	69	43
5/2/2003	94	2	93	94	69	96	39	81	69	43
26/3/2003	99	2	93	80	90	96	59	83	72	46
23/4/2003	92	2	93	40	79	96	60	81	65	41
12/5/2003	93	2	93	60	79	96	63	82	68	43
9/6/2003	92	17	92	56	79	96	61	82	70	62
29/7/2003	74	8	92	63	79	96	56	83	65	52
11/8/2003	77	8	92	60	79	96	62	83	66	53
18/9/2003	77	9	93	45	79	96	59	82	64	52
23/10/2003	97	2	92	58	79	96	52	82	67	43
20/11/2003	92	16	93	46	79	96	46	87	67	59

Ponto de amostragem P-C – Novembro/2002 – Novembro/2003

Data	Variáveis							IQA		
	Oxigênio Dissolvido	Coliformes Fecais	pH	DBO	Fósforo Total	Nitrato	Turbidez	Sólidos Totais	Somatório	Produtório
6/11/2002	87	2	93	27	87	95	62	77	63	39
11/12/2002	80	2	89	28	73	96	57	76	59	38
23/1/2003	61	2	91	49	49	97	57	77	56	37
5/2/2003	42	2	91	14	49	97	79	76	50	31
26/3/2003	61	2	92	27	63	95	73	79	57	36
23/4/2003	27	2	93	19	59	96	36	66	45	27
12/5/2003	40	2	93	35	59	96	72	76	53	34
9/6/2003	57	18	92	39	59	96	77	79	60	54
29/7/2003	39	2	93	27	59	96	68	77	52	33
11/8/2003	59	2	92	19	59	96	81	61	54	34
18/9/2003	71	2	92	27	59	96	61	53	55	35
23/10/2003	92	2	90	26	59	96	69	60	60	37
20/11/2003	76	4	93	28	59	96	59	71	58	41