



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Pós-Graduação em Engenharia Civil

***“Influência da Implantação de Estação de
Tratamento de Esgoto Tipo Lagoas de
Estabilização na Recuperação da
Qualidade da Água do Córrego Cabeceira
da Mula em Santa Fé do Sul - SP”***

ROSA MARINA ZÁRATE VILCHEZ RACANICCHI

Ilha Solteira - SP





UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

INFLUÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO TIPO LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NA RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO CABECEIRA DA MULA EM SANTA FÉ DO SUL – SP

ENG. ROSA MARINA ZÁRATE VILCHEZ RACANICCHI

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira, da Universidade Estadual Paulista,
como parte dos requisitos para a obtenção do Título de
Mestre em Engenharia Civil.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Tsunao Matsumoto

1210001485



Ilha Solteira
2002

Proc. 063/04 - NPD 061

UNESP - "CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"	
SERVIÇO TÉCN. DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO	
DATA DE CHEGADA	DATA DE TOMBO
05.04.04	31.05.04
REGISTRADO PCR	TOMBO
Ailza	Te. 1485
AQUISIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
leonor auto R\$10,00	R118i

30703000

Co
Amp 227087
Amp 56276



FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação/Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da FEIS/UNESP

Racanicchi, Rosa Marina Zárate Vilchez

R118i Influência da implantação de estação de tratamento de esgoto tipo lagoas de estabilização na recuperação da qualidade da água do córrego Cabeceira da Mula em Santa Fé do Sul – SP / Rosa Marina Zárate Vilchez Racanicchi. – Ilha Solteira : [s.n.], 2002
v, 89 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2002

Orientador : Tsunao Matsumoto

Bibliografia: p. 76-79

1. Água - Qualidade. 2. Saneamento ambiental.

***“Influência da Implantação de Estação de
Tratamento de Esgoto Tipo Lagoas de
Estabilização na Recuperação da
Qualidade da Água do Córrego Cabeceira
da Mula em Santa Fé do Sul - SP”***

ROSA MARIA ZÁRATE VILCHEZ RACANICCHI

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À FACULDADE DE ENGENHARIA DO
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA – UNESP – COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL.

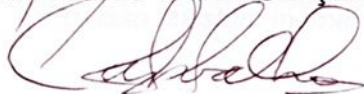
COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. Dr. Tsunao Matsumoto – orientador



Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves



Prof. Dr. Sérgio Luís de Carvalho

Ilha Solteira/SP, agosto de 2002.

*"O valor das coisas não está no tempo que elas duram,
mas na intensidade com que acontecem.
Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis
e pessoas incomparáveis."*

(FERNANDO PESSOA)



AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Gladys e Moisés, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e me apoiando.

À minha irmã, Maria Victória, e ao meu irmão, João Guilherme, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e me apoiando.

À minha mãe, Maria Victória, e ao meu pai, Moisés, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e me apoiando.

À minha mãe, Maria Victória, e ao meu pai, Moisés, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e me apoiando.

À minha mãe, Maria Victória, e ao meu pai, Moisés, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e me apoiando.

À minha mãe, Maria Victória, e ao meu pai, Moisés, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e me apoiando.

À minha mãe, Maria Victória, e ao meu pai, Moisés, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e me apoiando.

À minha mãe, Maria Victória, e ao meu pai, Moisés, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e me apoiando.

À minha mãe, Maria Victória, e ao meu pai, Moisés, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e me apoiando.

À minha mãe, Maria Victória, e ao meu pai, Moisés, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e me apoiando.

À minha mãe, Maria Victória, e ao meu pai, Moisés, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e me apoiando.

Aos os meus pais, Gladys e Moisés, que sempre zelaram pela educação dos filhos, aos meus três amores, Racanicchi, Maria Victória e João Guilherme.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre colocar anjos em meu caminho e por mais esta etapa alcançada em minha vida.

Ao pai dos meus filhos, Roberto Racanicchi pelo carinho e apoio, de sempre.

Aos meus filhos, Maria Victória e João Guilherme meus pequenos vencedores, pela paciência nas horas de ausência, são a alegria de nossas vidas.

Ao Professor Dr. Tsunao Matsumoto, pela orientação, pela compreensão e confiança depositada.

A Professora Dra Mônica Pinto Barbosa, coordenadora do Curso de Pós-Graduação, por tudo.

Aos meus pais, por serem sempre presentes, pela boa educação, pelo carinho e por ser quem sou.

Ao meu *irmãozinho* Carlos, por estar sempre me ajudando em alguma coisa e pela imensa paciência, sempre.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Civil da FEIS-UNESP.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação da FEIS-UNESP.

Ao amigo do Curso de Pós-Graduação, Eng. Marcos R. Takeuti pela amizade e pela grande ajuda, sem a qual este trabalho jamais seria realizado.

Aos amigos do Curso de Pós-Graduação, Elaine, Humberto e Cristiano, que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho, pelo apoio e amizade.

Ao funcionário do SAAE, Dito, pela disposição nos primeiros tempos de coleta.

A minha afilhada Livia, sempre em meus pensamentos.



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE QUADROS.....	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 USO DA ÁGUA.....	5
3.2 PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	9
3.3 POLUIÇÃO DA ÁGUA.....	10
3.4 AUTODEPURAÇÃO.....	13
3.5 COMPRIMENTO DE MISTURA – MODELO BIDIMENSIONAL: ‘DIFUSÃO TURBULENTA’	15
3.6 CONTROLE DE DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	18
3.6.1 Algumas técnicas de recuperação dos recursos hídricos	21
3.7 PARÂMETROS DE CONTROLE E DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	23
3.7.1 Qualidades físicas e organolépticas.....	24
3.7.2 Qualidades químicas e bioquímicas.....	25
3.7.3 Qualidade biológica	26
3.7.4 Índices de qualidade da água (IQA).....	27
3.8 CONTROLE E RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA - ESTUDO DE CASOS	29
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO	34
4.1.1 Características da Estação de Tratamento de Esgoto	34
4.1.2 Características do Córrego Cabeceira da Mula	36
4.2 LOCAIS DE COLETA DE AMOSTRAS.....	38
4.3 FREQUÊNCIA E CONDIÇÕES DE COLETA DE AMOSTRAS	39
4.4 PARÂMETROS DE MONITORAMENTO E ANÁLISES LABORATORIAIS.....	39
4.5 AVALIAÇÃO VISUAL.....	40
4.6 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	40
5. RESULTADOS.....	41
5.1 AVALIAÇÃO VISUAL DO CÓRREGO CABECEIRA DA MULA	41
5.2 RESULTADOS DO MONITORAMENTO	53
5.2.1 Etapa 1 – 17/07/2000 a 22/12/2000	53
5.2.2 Etapa 2 – 05/01/2001 a 06/12/2001	58
5.2.3 Etapa 3 – 10/01/2002 a 21/06/2002	63
5.2.4 Parâmetros do IQA.....	69



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O Ciclo Hidrológico	11
Figura 2 – Delimitação das Zonas de Autodepuração	14
Figura 3 – Variação da concentração de OD em um curso d'água.	15
Figura 4 – Concentrações resultantes da injeção constante de poluente no centro de um canal retangular com velocidade e difusividade uniformes.....	17
Figura 5 – Fluxograma do sistema de Lagoas de estabilização: Lagoa Facultativa.....	22
Figura 6 – Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas.....	28
Figura 7 – Distribuição do IQA percentual para o Estado de São Paulo.....	33
Figura 8 – Vista das obras da ETE de Santa Fé do Sul.....	35
Figura 9 – Mapa da cidade de Santa Fé do Sul com a localização da Micro-Bacia.	37
Figura 10 – Apresentação esquemática dos pontos de coleta no Córrego Cabeceira da Mula, Córrego Cabeceira Comprida e Córrego São José.....	38
Figura 11 – Localização e trajeto do Córrego Cabeceira da Mula na cidade de Santa Fé do Sul.	41
Figura 12 – Ponto de coleta 1, foto do início da campanha de monitoramento.....	42
Figura 13 – Foto do ponto de coleta 1, local sem a vegetação anterior.....	42
Figura 14 – Foto do ponto de coleta 1, observa-se o início da canalização, próximo à nascente.	43
Figura 15 – Obras de contenção de enchente.....	43
Figura 16 – Local do ponto de coleta 2, no final da canalização, aspecto visual antes da implantação do interceptor e da ETE.	44
Figura 17 – Aspecto visual do local do ponto de coleta 2 após o término das obras de implantação do interceptor e da ETE.	45
Figura 18 – Sinais de degradação visíveis, foto à jusante do local do ponto de coleta 2.	45
Figura 19 – Escoamento intermitente com águas aparentemente limpas.....	46
Figura 20 – Restos mortais de animais depositados no Córrego Cabeceira da Mula.	46
Figura 21 – Restos mortais de animais e resíduos sólidos depositados às margens do Córrego Cabeceira da Mula.....	47
Figura 22 – Local na periferia de Santa Fé do Sul ainda apresenta depósito de resíduos da vida coletiva.....	47
Figura 23 – Tubulação de esgotamento clandestino, descarregando diretamente no Córrego Cabeceira da Mula.....	48
Figura 24 – Na Zona Rural o Córrego apresenta uma melhora no aspecto visual.....	48
Figura 25 – Aporte de material no fundo do Córrego.	49
Figura 26 – Local próximo à Rodovia Euclides da Cunha.	49

Figura 27 – Local do ponto de coleta 3, águas com coloração acinzentada no início da campanha de monitoramento.....	50
Figura 28 – Águas mais claras no local do ponto de coleta 3.....	50
Figura 29 – Local do ponto de coleta 4 no Córrego Cabeceira Comprida.	51
Figura 30 – Local do ponto de coleta 5 no Córrego São José.....	51
Figura 31 – Local próximo ao local do ponto de coleta 5, resíduos sólidos arrastados pela enxurrada.	52
Figura 32 – Curva da concentração de DBO ₅ e DQO para amostras do Ponto 1, ano 2000....	54
Figura 33 – Curva da concentração de DBO ₅ e DQO para amostras do Ponto 2, ano 2000....	55
Figura 34 – Curva da concentração de DBO ₅ e DQO para amostras do Ponto 3, ano 2000....	55
Figura 35 – Curva da concentração de DBO ₅ e DQO para amostras do Ponto 4, ano 2000....	56
Figura 36 – Curva da concentração de DBO ₅ e DQO para amostras do Ponto 5, ano 2000....	56
Figura 37 – Curva da concentração de DBO e DQO para amostra do Ponto 1, ano 2001.....	59
Figura 38 – Curva da concentração de DBO e DQO para o Ponto 2, ano 2001.	60
Figura 39 – Curva da concentração de DBO e DQO para o Ponto 3, ano 2001.	60
Figura 40 – Curva da concentração de DBO e DQO para o Ponto 4, ano 2001.	61
Figura 41 – Curva da concentração de DBO e DQO para o Ponto 5, ano 2001.	61
Figura 42 – Curva da concentração de DBO ₅ e DQO para o Ponto 1, ano 2002.....	64
Figura 43 – Curva da concentração de DBO ₅ e DQO para o Ponto 2, ano 2002.....	65
Figura 44 – Curva da concentração da DBO ₅ e DQO para o Ponto 3, ano 2002.....	65
Figura 45 – Curva da concentração da DBO ₅ e DQO para o Ponto 4, ano 2002.....	66
Figura 46 – Curva da concentração da DBO ₅ e DQO para o Ponto 5, ano 2002.	66
Figura 47 – Curva de evolução da DBO ₅ nos pontos de amostragem.....	68
Figura 48 – Curvas de evolução da DQO nos pontos de amostragem.....	68



LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Situações de conflitos ou efeitos danosos em recursos hídricos.	6
Quadro 2 – Usos da água.	8
Quadro 3 – Classificação das águas doces segundo seus usos. (CONAMA 20/1986).....	10
Quadro 4 – Características das zonas de autodepuração.	14
Quadro 5 – Índice de Qualidade da Água (IQA)	28
Quadro 6 – Características da Estação de Tratamento de Esgoto.....	36
Quadro 7 – Valores da concentração de DBO e DQO para o período de 17/07/2000 a 22/12/2000.	53
Quadro 8 – Concentração de DBO e DQO, valores máximos e mínimos e média aritmética para o período de 17/07/2000 a 22/12/2000.....	54
Quadro 9 – Valores da DBO 05/01/2001 a 06/12/2001.....	58
Quadro 10 – Concentração de DBO e DQO, valores máximos e mínimos e média aritmética para o ano de 2001.....	59
Quadro 11 – Valores da concentração de DBO e DQO no período 10/01/2002 a 21/06/2002.	63
Quadro 12 – Concentração de DBO e DQO, valores máximos e mínimos e média aritmética para o período 10/01/2002 a 21/06/2002.....	64
Quadro 13 – Resultados das análises dos parâmetros para estimativa do IQA.	70
Quadro 14 – Estimativa do IQA. para os pontos de coleta.....	71



RESUMO

No intuito de obtenção de dados de recuperação de qualidade de água, em um córrego urbano, realizou-se uma investigação na cidade de Santa Fé do Sul, na região oeste do Estado de São Paulo, alertando a necessidade de tratamento adequado dos esgotos coletados, antes do lançamento no corpo receptor. Nesta pequena cidade, na qual já existia uma rede de coleta de esgoto sanitário, anterior a instalação da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) e os esgotos coletados eram lançados no Córrego Cabeceira da Mula, na parte canalizada, sem nenhum tratamento.

O problema era simplesmente transferido para adiante, servindo apenas para afastar os esgotos da área mais populosa. Com a ampliação da rede coletora de esgotos e a interligação com interceptor e a construção da ETE em meados de 2000, notou-se, em curto espaço de tempo, uma significativa transformação física e visual do corpo receptor que recebia esgoto *in natura*. O córrego logo perdeu as características típicas de um curso d'água em degradação, observadas antes da implantação final do sistema de saneamento, transformando assim o corpo receptor, antes sem vida, em um corpo d'água com vida atestada pela presença de pequenos peixes em alguns trechos ao longo do córrego.

As conseqüências e os benefícios oriundos da implantação de ETE na qualidade final do curso d'água marginal da cidade de Santa Fé do Sul, no interior do Estado de São Paulo foram verificados através da análise da variação da carga orgânica medida em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e pelas observações visuais realizadas ao longo de dois anos.

Palavras Chaves: Qualidade da Água, Estação de Tratamento, Rede Coletora de Esgotos, Corpo Receptor.



ABSTRACT

In order to obtain data on the restoration of water quality in an urban river, an investigation was carried out in the city of Santa Fé do Sul, in the west of São Paulo State, that alerted public authorities to the need for adequate treatment of sewage, before discharging it into the river.

Prior to the construction of the sewage treatment plant (STP), raw sewage was discharged in the canalized portion of the Cabeceira da Mula river. The sewage was simply being moved downstream, away from the populated area.

Sewerage enlargement and STP construction was completed in the middle of 2000. Over a short period of time, significant physical and visual transformation of the receiving body of water was observed. The lifeless river soon lost the typical characteristics of degradation and was transformed into a live one, as evidenced by the presence of small fish in some stretches along the watercourse.

The consequences and benefits of the construction of the STP in the river water quality was based on the analysis of the variation of the organic load measured in terms of Biochemical Oxygen Demand (BOD) and on visual observation carried out over two years.

Keywords: water quality, sewage treatment plant, sewerage enlargement, receiving body.



1. Introdução

A água é um recurso natural essencial à vida em suas diversas formas. O desenvolvimento das civilizações, ao longo dos tempos, pode ser associado à disponibilidade de água como recurso estratégico para a agricultura, pecuária, pesca, abastecimento, navegação, diluição de esgotos e, na área industrial, à geração de energia elétrica, uso industrial, recreação e lazer. Este desenvolvimento, por estar também sujeito a outras variáveis, nem sempre tem respeitado os limites impostos pela oferta de recursos hídricos em termos de quantidade, qualidade e localização, provocando conflitos de uso da água (Branco, 1993).

Hoje, a água potável já é considerada um recurso escasso e finito. Estima-se que, a cada vinte anos, dobra o volume de água necessária à satisfação das necessidades humanas (Tomé, 2002). Acredita-se ainda, que nos próximos quarenta à cinquenta anos a população mundial venha a duplicar, acarretando um crescimento da produção econômica e conseqüentemente do consumo de água.

Portanto, para que essas necessidades sejam atendidas é preciso que haja uma mudança nas relações dos seres humanos com o meio ambiente. Para isso torna-se necessária a educação e conscientização ambiental em todos os níveis sociais. As escolas e as universidades têm a grande responsabilidade de formar cidadãos responsáveis, capazes de tomar decisões que beneficiem a sociedade (Velásquez apud Roig, 2000).

A produção de águas residuárias resulta do abastecimento de água, tanto doméstico como industrial, nas quais geram águas servidas que devem ser conduzidas a seus destinos finais por meio de redes de esgotamento sanitário e Estações de Tratamento. Para a proteção do meio ambiente o tratamento destas águas servidas poderá ser individual simples, como as fossas sépticas, as quais apresentam alto risco de contaminação de aquífero subterrâneo, ou utilizar

tratamentos coletivos, como as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) que exigem a coleta e transporte das águas servidas em rede coletora até uma ETE (Barros, 1995), e lançadas somente após o tratamento.

De acordo com pesquisas realizadas no início dos anos 90, pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), relata-se que o volume de esgotos tratados é extremamente baixo, com apenas 8% dos municípios brasileiros apresentando unidades de tratamento. Mesmo nestas localidades em geral, as estações de tratamento além de atenderem apenas a uma pequena parte da população, possuem eficiência reduzida e problemas operacionais freqüentes (Barros, 1995).

A ausência ou ineficiência do tratamento de esgotos tem causado a poluição das águas superficiais. Pois muitos rios são fundamentais nos processos de disposição dos resíduos gerados pela atividade urbana. Assim as conseqüências negativas podem ser de caráter sanitário, ecológico, social ou econômico, tais como: prejuízos ao consumo humano de água, tornando-a veículo de transmissão de doenças, elevação do custo do tratamento da água, o que reflete diretamente no preço a ser pago pela população e, outros usos da água, como industrial, irrigação, pesca, recreação, entre outros; e a desvalorização dos imóveis adjacentes aos corpos receptores (Barros, 1995).

As doenças veiculadas pela água têm origem, principalmente, a partir de dejetos eliminados e misturados a água superficial. Muitos microrganismos patogênicos são parasitas do intestino humano e são eliminados juntamente com as fezes. Desta forma por falta de adequados sistemas de esgotamento, os dejetos de origem humana alcançam mananciais superficiais ou subterrâneos de água, nele podendo introduzir microrganismos patogênicos (Mota, 1997). Portanto, uma água que apresente coliformes fecais é suspeita de conter microrganismos causadores de doenças. Por isto, os padrões de qualidade da água para consumo humano exigem a ausência total de coliformes fecais nas amostras de água destinadas ao abastecimento da população.

Neste contexto, o estudo em questão foi proposto com o intuito de averiguar a melhoria da qualidade da água de um córrego urbano, decorrente da implantação de uma ETE. Para tanto, tornou-se necessária uma campanha de monitoramento para a obtenção de dados relativos ao córrego, a ETE e ao despejo de águas residuárias, e análises laboratoriais de alguns parâmetros importantes para tal.



Os trabalhos de monitoramento e enquadramento dos cursos d'água, segundo os Índices de Qualidade da Água (IQA), indicam as tendências de variação da qualidade das águas e estabelecem metas a serem atingidas para adequar o lançamento nos cursos, com os níveis apropriados à qualidade e classificação. A avaliação da qualidade dessas águas, sob a ótica das atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, direciona a definição de ações prioritárias para a melhoria contínua da qualidade ambiental da região (Bessa, 2002).

No monitoramento foram necessários analisar os parâmetros de qualidade da água, que retratam como se encontra o estado do corpo d'água. São considerados os parâmetros: cor, turbidez, sólidos totais, oxigênio dissolvido (OD), pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sais minerais, entre outros.

Considerando que diversos fatores, sejam eles devido à ação da natureza ou sejam devido à ação antropogênica, contribuem para a poluição e contaminação dos mananciais e corpos receptores, conclui-se que a qualidade da água está interligada de tal forma a tais fatores que as questões ambientais e sanitárias não podem ser tratadas separadamente, uma vez que estão extremamente inter-relacionadas (Staudinger, 2002).

O monitoramento dos recursos hídricos constitui-se num poderoso instrumento, que pode possibilitar a avaliação da oferta hídrica, como base para decisões do aproveitamento múltiplo e integrado da água, bem como a minimização de impactos ao meio ambiente. Passando pela importante fase que são os trabalhos laboratoriais, desde a coleta de amostras até a obtenção da informação desejada, *representa a única conexão* entre a água no meio ambiente e os responsáveis pela tomada de decisão (Bessa, 2002).

Dessa forma a regulamentação dos serviços de saneamento, quanto ao monitoramento da qualidade da água, deve ser desenvolvida de forma ampla, visando não somente a análise do monitoramento, mas buscando informações, estudos e elaborando trabalhos, além de parcerias junto aos órgãos envolvidos, que possibilitem a obtenção da melhoria da qualidade da água e reduzam os efeitos sobre o meio ambiente gerados por ações antrópicas, tal como o lançamento de resíduos em corpos d'água (Staudinger, 2002).



2. Objetivo

O objetivo principal da presente pesquisa foi estudar as modificações na qualidade d'água do Córrego Cabeceira da Mula, na cidade de Santa Fé do Sul – SP, em consequência da implantação de Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), constituída de lagoas de estabilização.

Para atingir o objetivo proposto, foram comparados os aspectos físicos e visuais dos pontos de coleta, pré-estabelecidos, localizados à montante e à jusante do lançamento do efluente da ETE.

Além da comparação dos aspectos físicos e visuais foram realizados monitoramentos da DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) em 5 pontos de amostragem, dos parâmetros que determinam o Índice de Qualidade da Água (IQA).



3. Revisão bibliográfica

3.1 Uso da água

A evolução dos seres vivos sempre foi dependente da água (Bojadsen & Renard, 1997). Essencial para a manutenção da vida, a utilização da água pelo homem depende da captação, tratamento e distribuição e também, quando necessário, da depuração da água utilizada (Bojadsen & Renard, 1997).

No passado as pequenas necessidades hídricas podiam ser atendidas pelas disponibilidades naturais sem maiores investimentos que aqueles necessários para a captação da água. Porém, a sociedade moderna ampliou consideravelmente a diversidade de usos das águas. Nas regiões industrializadas, de exploração mineral e de concentração populacional, ocorre a degradação das águas estabelecendo conflitos com usuários que necessitam condições melhores.

Tais conflitos caracterizam-se pela impossibilidade de coexistência harmônica de atividades que, numa fase anterior, poderiam passar despercebidas. O Quadro 1 ilustra algumas situações de conflitos ou efeitos danosos em recursos hídricos (Tauk-Tornisielo et al, 1995a).

O uso consuntivo refere-se as perdas de água resultantes da utilização, é a diferença entre o que é derivado e as águas que retornam aos corpos d'água após a utilização (Setti apud Leal, 1998).



Quadro 1 - Situações de conflitos ou efeitos danosos em recursos hídricos.

Situação no curso d'água ou bacia	Conflitos com outros usos ou efeitos danosos
Alta concentração de poluentes de origem doméstica e/ou industrial (diluição de esgotos)	- lazer e recreação - irrigação - abastecimento público
Alta demanda de água para usos consuntivos (irrigação, abastecimento público e industrial) em região de baixa disponibilidade hídrica.	- Conflitos concomitantes, alternados ou localizados em captações p/ irrigação, abastecimento público e industrial - Prejuízos à geração hidrelétrica - Riscos à navegação hidroviária
Alta demanda de água para usos consuntivos (irrigação, abastecimento público e industrial) em região de baixa disponibilidade hídrica, com baixa qualidade de água.	- Conflitos concomitantes, alternados ou localizados em captações p/ irrigação, abastecimento público e industrial - Prejuízos a geração hidrelétrica - Riscos a navegação hidroviária - Mortalidade de peixes - Riscos à saúde pública
- Práticas agrícolas inadequadas - Erosão do solo - Terraplanagens sem controle	- Assoreamentos de corpos d'água - Prejuízos à navegação hidroviária e geração hidrelétrica - Inundações
- Ocupação de várzeas - Uso desordenado do solo - Alta taxa de impermeabilização - Disposição inadequada de resíduos sólidos - Poluição difusa	- inundações - Poluição de mananciais superficiais e/ou aquíferos subterrâneos.
- Baixa cobertura vegetal e/ou desmatamentos - Inexistência de vegetação ciliar	- Maior suscetibilidade à erosão e assoreamento - Inundações - Vulnerabilidade de margens e mananciais

Fonte: Tauk-Tornisielo et al (1995a)

O gerenciamento de recursos hídricos requer o monitoramento dos corpos d'água no âmbito da bacia hidrográfica, ou de suas partes componentes. O monitoramento permite a classificação de usos permitidos para o corpo d'água,

segundo a legislação pertinente, ou seja, a definição da classe de uso necessária para a qualidade de vida das populações habitantes da bacia (Oliveira et al, 2000).

Deve-se lembrar que diversos corpos d'água têm usos múltiplos previstos para os mesmos, decorrendo daí a necessidade da satisfação simultânea de diversos critérios de qualidade (Bojadsen & Renard, 1997). A inter-relação entre a utilização da água e a qualidade requerida para a mesma é direta. É o caso, por exemplo, de represas construídas com finalidade de abastecimento de água, geração de energia, recreação, irrigação e outros.

Segundo Porto et al (1997), a complexidade das decisões que fazem parte da Engenharia de Recursos Hídricos decorre tanto das diferentes possibilidades de suprimento às demandas quanto das variabilidades destas demandas. Isto pode ser avaliado no Quadro 2, apresentado por Bojadsen & Renard (1997).

Os principais usos da água são: abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura, preservação da fauna e flora, recreação e lazer, harmonia paisagística, geração de energia elétrica, navegação, diluição de despejos. Na lista de usos, pode-se considerar que o uso mais nobre seja representado pelo abastecimento de água doméstico, o qual requer a satisfação de diversos critérios de qualidade. De forma oposta, o uso menos nobre é o da simples diluição de despejos, o qual não possui nenhum requisito especial em termos de qualidade (von Sperling, 1996).

Alguns dos usos da água permitem interpretações conflitantes com relação aos seus objetivos. A utilização de uma água para preservação da fauna e da flora possui uma dimensão bem ampla, e a caracterização específica dos seres que se pretende preservar está sempre cercada de um certo elemento de subjetividade. Esta subjetividade está associada ao arbítrio, por parte do homem, no sentido de quais espécies ele julga importante preservar, e quais ele considera que não seja importante serem preservadas (Porto et al, 1997; von Sperling, 1996).

Assim, os corpos d'água são enquadrados em classes, definindo-se, para cada uma, os usos a que se destina e os requisitos a serem observados. Os requisitos de qualidade de uma água, ou seja, os teores máximos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função dos usos previstos. Esses teores constituem os padrões de qualidade, que traduzem de uma forma generalizada e conceitual a qualidade desejada para a água (von Sperling, 1996).



Quadro 2 – Usos da água.

Doméstico	- como bebida e fins culinários - higiene pessoal e limpeza geral na habitação - irrigação de jardins - irrigação de pequenas hortas particulares - criação de animais domésticos, dentre outros.
Público	- escolas, hospitais e demais prédios ou estabelecimentos públicos - irrigação de parques e jardins públicos - lavagem de ruas e demais logradouros públicos - fontes ornamentais e chafarizes - combate a incêndios, navegação, dentre outros.
Industrial	- indústrias onde a água é utilizada como matéria prima (indústrias alimentícias e farmacêuticas) - indústrias onde a água é utilizada para refrigeração (indústria metalúrgica) - indústrias onde a água é utilizada para lavagens (matadouros, indústrias de papel e tecido) - indústrias onde a água é utilizada em forma de vapor (caldeira)
Comercial	- Escritórios, armazéns, oficinas, bares e etc. - Aqüicultura
Recreacional	- Piscinas, lagos e rios - higiene pessoal e lavagens
Agrícola e pecuário	- lavagens de instalações, máquinas e utensílios - bebidas de animais e irrigação
Energia elétrica	- uso em derivação das águas do seu curso natural, gerando energia
Transferência de bacias	- Sistema de inter-relações de uso e descarte da água entre municípios

Fonte: Bojadsen & Renard (1997)

Nos programas de controle de poluição verifica-se a importância da classificação das águas, pois permite o enquadramento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica.

Os padrões e critérios de qualidade das águas a serem mantidos no território nacional são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, a qual estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas e os parâmetros físicos, químicos e biológicos que as definem (Castro et al, 2000).

São adotadas as seguintes definições:

- **Classificação:** qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade).
- **Enquadramento:** estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo.
- **Condição:** qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada.
- **Efetivação do enquadramento:** conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento de corpo d'água em correspondência com a sua classe.

No Quadro 3 apresenta-se a classificação das águas doces e os usos a que se destina um manancial. Pode-se observar que a cada classe corresponde uma qualidade a ser mantida no corpo d'água.

3.2 Padrões de qualidade da água

Após definir a classe de um manancial, devem ser adotadas medidas preventivas e corretivas de controle da poluição, de modo a garantir que o mesmo atenda aos limites e condições estabelecidos (Mota, 1997).

Em termos práticos, há três tipos de padrão de interesse direto dentro da Engenharia Ambiental no que tange à qualidade da água:

- Padrões de lançamento no corpo receptor
- Padrões de qualidade do corpo receptor
- Padrões de qualidade para determinado uso imediato (ex: padrões de potabilidade)

O real objetivo dos padrões de qualidade é a preservação da qualidade no corpo d'água. No entanto, os padrões de lançamento existem apenas por uma questão prática, já que é difícil manter o controle efetivo das fontes poluidoras com base apenas na qualidade do corpo receptor. O inter-relacionamento entre os padrões se dá no sentido de que um efluente, além de satisfazer os padrões de lançamento, deve proporcionar condições no corpo receptor, de tal forma que a qualidade do mesmo se enquadre dentro dos padrões para corpos receptores (von Sperling, 1996). Os padrões de potabilidade estão diretamente associados à qualidade da água fornecida ao consumidor.



Quadro 3 – Classificação das águas doces segundo seus usos. (CONAMA 20/1986)

Classe	Usos
Classe Especial	- Abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção - Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
Classe 1	- Abastecimento doméstico, após tratamento simplificado - Proteção das comunidades aquáticas - Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) - Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película - Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana
Classe 2	- Abastecimento doméstico, após tratamento convencional - Proteção das comunidades aquáticas - Recreação de contato primário (esqui, aquático, natação e mergulho) - Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas - Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana
Classe 3	- Abastecimento doméstico, após tratamento convencional - Irrigação de culturas arbóreas, cercalíferas e forrageiras - Dessedentação de animais
Classe 4	- Navegação - Harmonia paisagística - Usos menos exigentes

Fonte: Mota (1997)

3.3 Poluição da água

Quando se estuda o meio ambiente, entre outros dados essenciais, destacam-se aqueles relacionados à própria natureza (clima, meteorologia, geologia, vegetação, topografia, entre outros) e às atividades antrópicas.

Assim, o ciclo hidrológico apresentado na Figura 1, assume participação significativa no que diz respeito ao transporte de poluentes, quer em áreas específicas, quer em grandes regiões e até mesmo em caráter que envolve a Terra em um sistema. Nota-se que o ciclo contínuo – precipitação, infiltração ou escoamento, evapotranspiração, evaporação, etc. – permite que a água, que é considerada um solvente universal, arraste consigo uma série diversa de sólidos, organismos, líquidos

e gases, transportando esses contaminantes para locais diferentes daqueles de sua origem. Essa movimentação da água e as propriedades físico-químicas da mesma ocupam parte importante em qualquer estudo que envolva poluição do solo, da água e do ar (Castro et al, 2000).



Figura 1 – O Ciclo Hidrológico

Fonte: von Sperling (1996)

A partir da segunda metade do século, as transformações no perfil da economia brasileira e o crescimento demográfico refletiram fortemente sobre o uso de recursos hídricos. O aumento da demanda, e na diversificação do uso ampliaram consideravelmente a poluição dos mananciais devido a descargas de efluentes industriais, vazamentos de indústrias, navios e oleodutos, venenos utilizados na agricultura, além de lixo e esgoto doméstico (Tomé, 2002).

O termo poluição provém do verbo latino '*polluere*', que significa sujar. O sentido de sujar, porém, é mais ligado à aparência, à estética, do que aos danos reais (von Sperling apud Barros, 1995). *Poluição das águas* é a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos (von Sperling, 1996). As formas de poluição são várias, de origem natural ou como resultado das atividades humanas. Portanto, denomina-se poluição qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer substância sólida, líquida, gasosa ou em qualquer estado da matéria que prejudique suas características originais (Porto et al, 1991), de forma a:

- ♦ afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- ♦ criar condições adversas às atividades sociais e econômicas;

- ♦ criar condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- ♦ ocasionar danos relevantes à flora, à fauna e a qualquer recurso natural, aos acervos históricos, culturais e paisagísticos.

Um dos principais problemas resultantes do lançamento de matéria orgânica em corpos d'água é a redução do Oxigênio Dissolvido (OD), com impactos sobre os organismos aeróbios e conseqüentes desequilíbrios ecológicos (Tauk-Tomisielo et al, 1995b; Mota, 1997).

O consumo de OD se deve aos processos de estabilização da matéria orgânica realizada pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para sua respiração, o que pode reduzi-lo a valores muito baixos, ou mesmo extingui-lo totalmente, com impactos sobre a vida aquática aeróbia. Os peixes e outros animais que precisam de oxigênio para viver, desaparecem, surgindo, organismos anaeróbios. A decomposição anaeróbia da matéria orgânica, além de mais lenta e menos eficiente, produz gases e maus odores (Mota, 1997).

O problema da poluição das águas não é recente. No entanto, esse problema conservou até épocas muito recentes, proporções pouco inquietantes.

Segundo Dorst (1973), as razões da poluição das águas são evidentes e pertencem a duas ordens de fatos diferentes. A primeira está relacionada com o crescimento da população humana e com o grau elevado de urbanização. As metrópoles, onde se concentram milhares de habitantes, devolvem um enorme volume de águas usadas, parcialmente depuradas, que poluem os cursos d'água. A segunda provém do desenvolvimento da indústria, que exige quantidades de água cada vez mais consideráveis e, sobretudo, que despeja nos rios os múltiplos produtos químicos que constituem os resíduos das suas atividades.

A primeira causa de poluição consiste na devolução, pelos esgotos, dos resíduos da vida coletiva. Embora existam processos aperfeiçoados de tratamento das águas residuárias, o contínuo e desordenado crescimento das cidades, diversas dificuldades técnicas e o preço elevado das instalações, ultrapassam as possibilidades de investimento de certas coletividades, provocando a inoperância de instalações freqüentemente insuficientes, ou mesmo totalmente ausentes.

O segundo tipo de poluição, muito mais grave ainda, é uma conseqüência da extensão da indústria e do preço do progresso técnico. Os resíduos domésticos e industriais passaram a ser despejado diretamente em cursos d'água, tornando-os, em pouco tempo canais de esgotos a céu aberto.



3.4 Autodepuração

A autodepuração é um fenômeno através do qual o curso d'água se recupera por meio de mecanismos naturais, ou seja, é o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático após as alterações induzidas pelos lançamentos de águas residuárias.

O equilíbrio é reconstituído, porém em condições diferentes das anteriores. Deve-se lembrar que uma água pode ser considerada depurada, sob um certo ponto de vista, mesmo que não esteja purificada em termos higiênicos, ainda apresentando organismos patogênicos (von Sperling, 1996).

A natureza tem uma grande capacidade de recuperação, no entanto essa capacidade não é ilimitada, muitas vezes, um recurso natural degradado não tem condições de voltar às suas características originais, causando a destruição de seus componentes e sérios danos ao ser humano. Assim, existem limites para o corpo d'água receptor e a autodepuração pode ser atingida ou não, dependendo:

- ♦ da quantidade de poluentes,
- ♦ da natureza dos poluentes,
- ♦ do despejo esporádico ou permanente de efluentes,
- ♦ da temperatura,
- ♦ da quantidade de oxigênio dissolvido na água,
- ♦ da massa aquática receptora e sua capacidade de diluir os diferentes materiais que afetam o ambiente aquático.

A autodepuração é um processo que se desenvolve ao longo do tempo, e considerando-se a dimensão do curso d'água receptor como predominantemente longitudinal, tem-se que os estágios da sucessão ecológica podem ser associados a zonas fisicamente identificáveis no rio (von Sperling, 1996).

As principais zonas de autodepuração são apresentadas na Figura 2. As características das Zonas de Autodepuração são apresentadas no Quadro 4.



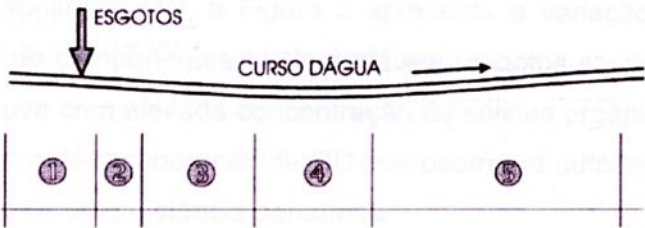


Figura 2 – Delimitação das Zonas de Autodepuração

Fonte: von Sperling (1996)

Quadro 4 – Características das zonas de autodepuração.

ZONA	CARACTERÍSTICAS
1- Águas Limpas	Caracterizada pelo equilíbrio ecológico e elevada qualidade da água.
2- Degradação	As águas apresentam-se turvas; no ponto de lançamento, o teor de oxigênio dissolvido ainda é suficiente à sobrevivência de organismos aeróbios, mas decresce; DBO atinge valor máximo no ponto de lançamento, decrescendo a seguir; bactérias e fungos atingem valores elevados; as algas são raras.
3- Decomposição Ativa	Acentuada coloração na água, o teor de oxigênio dissolvido atinge o mínimo, podendo voltar a elevar-se, até atingir cerca de 40% da saturação; DBO continua decrescendo; número de bactérias e fungos diminui; o nitrogênio ainda predomina na forma de amônia; organismos aeróbios são reduzidos ou eliminados.
4- Recuperação	A reaeração excede a desoxigenação e o teor de oxigênio cresce até atingir o valor inicial; águas têm aspecto mais claro; a DBO continua diminuindo; o nitrogênio predomina nas formas de nitratos, podendo ainda existir como amônia; número de bactérias é reduzido; peixes e outros organismos aeróbios voltam a aparecer; as algas proliferam.
5- Águas Limpas	As águas retornam às condições primitivas, com relação ao OD, DBO e índices bacteriológicos; peixes e outros organismos aeróbios proliferam normalmente; algumas características indicam mudanças permanentes na qualidade das águas; aumento nos compostos inorgânicos, como os nitratos, fosfatos e sais dissolvidos, podendo resultar na intensa proliferação de algas.

Fonte: adaptado de Mota (1997) e von Sperling (1996)

No que diz respeito ao OD, a Figura 3 apresenta a variação de OD em função do lançamento de componentes biodegradáveis (esgotos sanitários, efluentes industriais, água de chuva com elevada concentração de sólidos orgânicos, etc.). Esta Figura representa a curva de recuperação de OD que ocorre na autodepuração de um corpo receptor ao longo de uma distância percorrida

O eixo vertical representa as concentrações de OD e o eixo horizontal a distância ao longo da qual se processam as transformações (von Sperling, 1996).

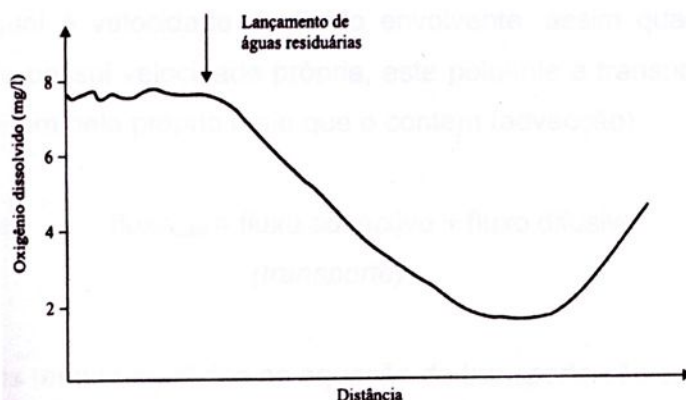


Figura 3 – Variação da concentração de OD em um curso d'água.

Fonte: Castro et al (2000)

3.5 Comprimento de mistura – Modelo bidimensional: 'difusão turbulenta'

Na avaliação dos planos alternativos de engenharia para o controle da qualidade da água podem ser usados modelos matemáticos que associem a descarga de águas residuárias com a qualidade da água da massa receptora.

A capacidade de assimilação de cargas orgânicas pelos cursos d'água foi inicialmente avaliada por Streeter e Phelps. Através das equações Streeter-Phelps é possível estimar a DBO e OD ao longo de um rio (Dobbins apud Prado, 1999). Porém, estas equações tratam o problema de transporte de poluentes em um rio, como unidimensional, ou seja, apenas as variações longitudinais da nuvem de poluente são consideradas, supondo-se que o escoamento ocorra em regime permanente e uniforme, que os efeitos decorrentes da dispersão longitudinal sejam desprezíveis, e que ocorra uma descarga contínua e constante de poluente biodegradável, de forma que não exista qualquer variação temporal no fenômeno.

Porém, segundo Eiger (apud Porto et al, 1991), o transporte de um poluente em um rio não é geralmente um fenômeno unidimensional. A hipótese de

unidimensional é aceitável em alguns rios, quando é considerada a uma grande distância do ponto de lançamento. Quando ocorre um lançamento pontual, na região próxima ao lançamento, o poluente espalha-se de forma tridimensional, com o deslocamento, o poluente passa a ocupar uma região cada vez maior, tomando-se um fenômeno bidimensional. Outro aspecto importante no que diz respeito ao transporte de poluentes em rios, é o da turbulência do escoamento, o qual interfere no processo de mistura entre o poluente e o meio aquático. Na prática supõe-se que a velocidade do poluente é igual à velocidade do fluido envolvente, assim quando o fluido que recebe o poluente possui velocidade própria, este poluente é transportado não só por difusão, mas também pelo próprio meio que o contém (advecção).

Matematicamente: $\text{fluxo}_{\text{total}} = \text{fluxo advectivo} + \text{fluxo difusivo}$
(transporte)

Portanto os termos mantidos na equação de transporte são os correspondentes à advecção longitudinal e difusão transversal. Quando acontece a emissão contínua e constante de DBO, supõe-se que o poluente mistura-se mais rapidamente na direção vertical do que na direção transversal. Deste modo, pode-se visualizar o problema de forma bidimensional através de um plano definido pelas direções x e z , sobre o qual incide no ponto $z=z_0$ uma carga poluidora pontual e constante com intensidade igual a $\dot{M}/h$, onde h é a profundidade do escoamento (Eiger apud Porto 1991).

A Figura 4 apresenta as concentrações para o centro e margem de um canal decorrente de um despejo contínuo no centro do canal.

Um despejo na margem de um canal retangular uniforme de largura T equivale a um despejo central em um canal semelhante, entretanto com largura igual a $2T$. Isto ocorre devido à simetria do problema, visto que não existe fluxo difusivo no centro de um canal uniforme onde foi feito um despejo no ponto central da seção transversal. Então, a curva da Figura 4 onde consta *centro* corresponde ao que ocorre na margem oposta em relação àquela onde ocorreu o lançamento.

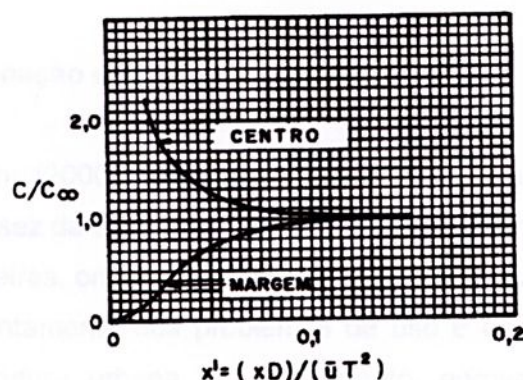


Figura 4 – Concentrações resultantes da injeção constante de poluente no centro de um canal retangular com velocidade e difusividade uniformes.

Segundo Porto et al (1991), a distância necessária para a ocorrência de uniformidade transversal de concentração pode ser diretamente extraída da Figura 5, onde $u = \bar{u}$ e $D = \bar{\varepsilon}_z$. Deste modo, a distância necessária para a mistura é dada por:

$$L_F = \frac{0,4\bar{u}T^2}{\bar{\varepsilon}_z} \quad (1)$$

onde:

$$\bar{u} = \frac{Q}{A}$$

T = largura média do canal

$$\bar{\varepsilon}_z = 0,15.u.h \text{ (m}^2\text{/s)} \quad (2)$$

onde:

u = velocidade do escoamento (m/s)

h = profundidade do canal (m)

Com a equação (1), determina-se o ponto de mistura do lançamento, porém indica também que é necessária uma distância quatro vezes maior para uma mistura com lançamento na margem do canal do que para um lançamento no centro do canal. O cálculo para estimativa da distância de mistura completa encontra-se no Anexo 1.

3.6 Controle de degradação dos recursos hídricos

Segundo Broch (2000), as agressões ao meio ambiente trazem como consequência, a escassez da água. O agravamento da crise ambiental é marcante nas grandes cidades brasileiras, onde a poluição das águas transparece como um sinal da incapacidade de enfrentamento dos problemas de uso e ocupação dos solos, e da ausência de infra-estrutura urbana de saneamento, agravada nas periferias das cidades, onde a conservação dos mananciais hídricos e os remanescentes de ecossistemas naturais são atacados pelo crescimento urbano sem planejamento (Philippi Jr. et al, 1999).

Entretanto, quando analisamos qualquer tema acerca da problemática do saneamento ou do meio ambiente no Brasil, deve ser ponderado o fato da existência de extremos impressionantemente distantes: a pobreza quase absoluta de parcela significativa da população e a riqueza e a alta tecnologia disponível para poucos.

A grandeza territorial, a péssima distribuição de renda e a situação em que se encontra o setor de Saúde Pública são alguns dos fatores que estão levando parte da população a um sofrimento ímpar. Essa situação vem-se arrastando ao longo de muitos anos e agora está atingindo uma situação degradante, que chega a ferir a dignidade dos brasileiros (Castro et al, 2000). Assim, problemas ambientais que ocorrem e merecem destaque na gestão dos Recursos Hídricos são:

- ♦ Perda da biodiversidade (ecossistemas, espécies e genes) e recursos alimentares: causada pelo desmatamento para fins agrícolas/pecuários.
- ♦ Sedimentação precoce de *habitats* aquáticos e assoreamento de canais navegáveis: causada pela extensão das atividades agrícolas/pecuárias
- ♦ Poluição das águas por matéria orgânica, nutrientes em excesso, patógenos e contaminação por produtos tóxicos: causada pelo crescimento desordenado da malha urbana e falta de saneamento básico.

A ausência de infra-estrutura de saneamento destinada ao tratamento de esgotos aparece como a causa reconhecida por todos, mas a ineficiência das ações de controle ambiental das fontes de poluição hídrica de origem urbana-industrial não é assumida explicitamente como causa reconhecida.

Grande parcela das cidades não planeja onde serão implantadas as estações de tratamento (ETE). Assim podemos incluir as seguintes medidas como tópicos para solução parcial do problema:

- ♦ Núcleos urbanos de médio e grande porte devem ter elaborado o Plano Diretor para água e esgotos.

- ♦ Executar a maior parcela possível da rede coletora, interceptores e emissários, e cadastramento de todos os pontos de lançamento.

- ♦ Estudar e programar sistema de tratamento para cada lançamento, compatível com as circunstâncias locais.

- ♦ Manter pessoal treinado para operar os sistemas de tratamento.

As cidades produzem uma carga poluidora que não é composta apenas por esgoto e lixo. As enxurradas, ao lavarem ruas e calçadas, carregam enorme quantidade de entulho e produtos tóxicos não identificados para o leito dos rios. Torna-se necessário um controle de poluição da água que compreende ações de caráter corretivo ou preventivo. As ações corretivas visam eliminar ou reduzir uma carga poluidora existente e as medidas preventivas de controle objetivam evitar que o problema de poluição ocorra.

As medidas de caráter preventivo são mais eficazes e menos onerosas, pois evitam o surgimento dos problemas decorrentes da poluição da água, com seus prejuízos ecológicos, econômicos e sociais (Mota, 1997).

Os problemas de gestão no que diz respeito ao Saneamento Básico e Ambiental podem ser assim resumidos:

- ♦ Saneamento Básico deficiente, o que implica em poluição hídrica por esgotos domésticos; deficiências de coleta e tratamento de esgotos. Lançamentos clandestinos de esgotos na rede de drenagem.

- ♦ Condições precárias do Saneamento Básico, em especial nas áreas de população mais pobre, trazendo como consequência sérios problemas ambientais.

- ♦ Falta de políticas para a coleta e destinação de resíduos sólidos, e conseqüente mau aproveitamento de materiais inertes e entulhos, proliferação de lixões absolutamente inadequados, e desperdício de oportunidades econômicas que trariam repercussões sociais positivas.

- ♦ Tratamento e disposição de resíduos inertes, resíduos industriais gerenciados pelas agências estaduais sem articulação com gerenciamento municipal.

- ♦ Resíduos de pequenas empresas e indústrias, não controlados pelas agências estaduais.

- ♦ Ausência de política orçamentária para resíduos sólidos, cobrança de taxas de limpeza, definição técnica e jurídica do que pode ser cobrado e do que não pode.



Analisando possíveis estratégias de controle da poluição da água, é fundamental que se considere a bacia hidrográfica como um todo, objetivando atingir-se a qualidade desejada para a água, ao invés de se tratar o problema por seus focos isolados. As medidas de controle terão eficiência limitada se abrangerem apenas parte dessa bacia (Barros et al, 1995). As técnicas utilizadas na recuperação de corpos d'água são as seguintes:

- **Técnicas não estruturais:** não requerem alterações físicas no curso d'água e incluem as políticas administrativas e legais e os procedimentos que limitam ou regulamentam alguma atividade:

- implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários e industriais

- coleta e destino adequado do lixo
- controle da utilização de fertilizantes e pesticidas
- disciplinar o uso e a ocupação do solo
- controle da erosão do solo
- afastamento das fontes de poluição
- modificações no processo industrial

As faixas de proteção, às margens de corpos d'água, têm sido utilizadas como forma de garantir a preservação da mata ciliar e como medida de proteção de mananciais e recuperação de rios, que objetiva o retorno de seu equilíbrio dinâmico, através da restauração de suas condições naturais (do sedimento, do escoamento, da geometria do canal, da vegetação ciliar e da biota nativa).

- **Técnicas estruturais:** requerem algum tipo de alteração física no corpo d'água e incluem reformas nas estruturas já existentes. São utilizadas para acelerar os processos naturais de recuperação dos rios:

- reconstrução de canais;
- represamento;
- descanalização;
- colocação de defletores, passagens e grades de peixes;
- revestimentos com gabiões;
- proteção do leito com rochas;
- construção de bacias de sedimentação;
- instalação de comportas.
- recuperação de lagos e represas, através de processos mecânicos, químicos ou biológicos.



Segundo Castro et al (2000), o gerenciamento do crescimento tem sido freqüentemente utilizado como uma abordagem adequada a nova postura em relação ao ambiente. As interações entre o desenvolvimento e o crescimento econômico, a necessidade de investir em uma melhor qualidade de vida para as populações humanas e urgentes estratégias fundamentais para diminuir as desigualdades são outros pontos importantes neste conceito.

Então, o conceito de desenvolvimento sustentado implica que a exploração dos recursos naturais deve ser feita em condições tais que as futuras gerações possam utilizar esses recursos e beneficiar-se de um processo contínuo e equilibrado, no qual a redução das desigualdades econômicas e sociais e a diminuição da pobreza sejam metas fundamentais.

Desenvolvimento sustentado é a meta principal a ser atingida em um futuro não muito distante, que possibilite equilíbrios permanentes no planeta, principalmente no que tange a Recursos Hídricos.

3.6.1 Algumas técnicas de recuperação dos recursos hídricos

Visando a reutilização do efluente e a recuperação de nossos rios, são necessárias algumas medidas, tais como (Barros et al, 1995):

a) Dragagem

É uma das opções utilizadas para a retirada do lodo acumulado no fundo dos rios. Há um aumento na área da seção transversal, favorecendo assim suas condições aeróbias o que diminui o mau cheiro provocado pelos dejetos. Com a diminuição da velocidade o curso d'água tende a recuperar sua capacidade de autodepuração. A capacidade depuradora de um rio é em grande parte dependente do volume de águas bem como da sua turbulência. Rios de grandes proporções ou bastante movimentados podem, inclusive, receber esgotos de pequenas comunidades ou resíduos orgânicos industriais sem que ocorram danos ecológicos significativos. O lodo removido, após tratamento, pode ser utilizado como condicionador de solos.

Apesar da possível ocorrência de danos ambientais localizados, como por exemplo, ressuspensão de metais pesados, a técnica de dragagem é indicada para situações mais graves de assoreamento particularmente em represas para geração de energia, abastecimento de água e recreação.



b) Faixas de proteção

Têm sido utilizadas como forma de garantir a preservação da mata ciliar e como medida de proteção para os mananciais. Essas faixas não constituem uma medida de eficiência total, mas representam uma providência válida de preservação de recursos hídricos superficiais, pois asseguram proteção sanitária aos reservatórios e cursos d'água, impedindo o acesso superficial e sub-superficial de poluentes. Representam ação preventiva contra a erosão e o conseqüente assoreamento das coleções de água, podendo também constituir áreas para recreação ou de preservação paisagística e ecológica (Mota, 1997).

c) Tratamento de Esgoto

O tratamento de esgoto sanitário por Lagoas de Estabilização, é indicado para as condições brasileiras devido ao clima favorável (temperatura e insolação elevadas) e suficiente disponibilidade de área em um grande número de cidades.

As lagoas de estabilização apresentam alta eficiência, necessidade de pouco ou nenhum equipamento, custo inicial relativamente baixo, despesas de operação e manutenção baixas, possibilidade de receber sobrecarga, a remoção do lodo só se faz necessária após períodos superiores vinte anos e fundamentalmente, possui simplicidade de operação.

Na Figura 5 é apresentado o fluxograma de um sistema de lagoa de estabilização.

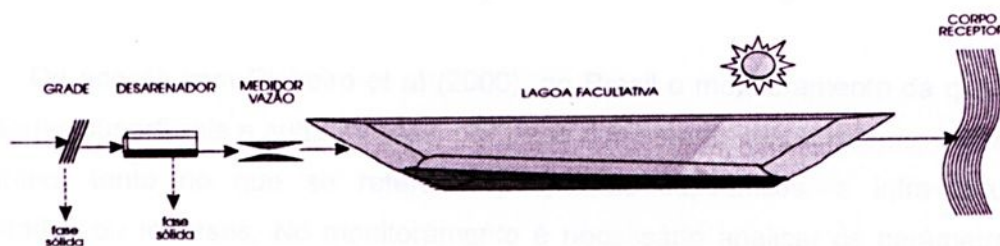


Figura 5 – Fluxograma do sistema de Lagoas de estabilização: Lagoa Facultativa.

Fonte: von Sperling (1996)

Na lagoa facultativa, a matéria orgânica solúvel e finamente particulada é estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a matéria orgânica suspensa tende a sedimentar, sendo estabilizada anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese.

O objetivo principal da lagoa de maturação é a remoção de patogênicos. Essas lagoas constituem um pós-tratamento de processos que objetivem a remoção de DBO. A eficiência na remoção de coliformes é bastante elevada, devido à boa penetração de radiação solar, elevado pH e elevada concentração de oxigênio dissolvido.

As lagoas anaeróbias são lagoas com profundidades da ordem de 3 a 5m, cujo objetivo é minimizar ao máximo a presença de oxigênio para que a estabilização da matéria orgânica ocorra estritamente em condições anaeróbias.

Há uma série de procedimentos de operação e manutenção que devem ser executados dentro de uma determinada rotina, sem a qual ocorrerão problemas ambientais e redução na eficiência do tratamento (von Sperling, 1996).

Entre os principais problemas operacionais podemos destacar:

- ♦ Maus odores que podem ser causados por sobrecarga de esgotos ou por longos períodos com tempo nublado e temperatura baixa.
- ♦ Proliferação de insetos, causado pela presença de vegetais nas margens dos taludes internos das lagoas.

A simplicidade conceitual das lagoas de estabilização traz como consequência, a própria simplicidade do procedimento de operação e manutenção. Essa simplicidade operacional não deve ser um meio para o descaso com a estação de tratamento e com o processo.

3.7 Parâmetros de controle e de avaliação da qualidade da água

De acordo com Pinheiro et al (2000), no Brasil o monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, por parte dos setores responsáveis, é bastante deficitário, tanto no que se refere a programas específicos, a infra-estruturas adequadas ou recursos. No monitoramento é necessário analisar os parâmetros de qualidade da água, os quais retratam como está o estado do corpo d'água.

Com o intuito de facilitar a interpretação das informações de qualidade de água de forma abrangente e útil, para especialistas ou não, a CETESB, a partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas - IQA, que incorpora 9 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal, a utilização das mesmas para abastecimento público.

A partir dos valores observados para estes parâmetros de qualidade em uma amostra de água, pode ser obtida matematicamente uma nota de 0 a 100, que



determinam os índices de qualidade da água (IQA). Quando da necessidade de estudos específicos da qualidade das águas, tanto para elaboração de diagnósticos, quanto para avaliação de contaminação de determinados corpos d'água ou trechos desses, outros parâmetros podem ser analisados, dependendo dos usos da água e das atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica (Mota, 1997)

A poluição dos mananciais (rios, lagos, águas subterrâneas), como já foi dito, pode ser causada por efluentes líquidos e resíduos sólidos que têm a sua origem em atividades antrópicas agrícolas (esgoto sanitário de comunidades agrícolas, agroquímicos, fertilizantes e corretivos), na produção animal (bovinocultura, suinocultura, e avicultura), e principalmente, nas atividades agroindustriais (conservas alimentícias, cítricos, laticínios, curtumes, abatedouros, frigoríficos, açúcar e álcool).

A natureza diversificada desses resíduos pode envolver a presença de substâncias orgânicas (proteínas, carboidratos, gorduras, óleos, moléculas orgânicas sintéticas, etc.), substâncias inorgânicas (nutrientes, metais pesados, etc.) e, eventualmente, até microrganismos patogênicos (Tauk-Tomisielo et al, 1995b).

Para caracterizar uma água são determinados diversos parâmetros os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros podem ser de utilização geral, tanto para caracterizar águas de abastecimento, como águas residuárias, mananciais ou corpos receptores. São indicadores da qualidade da água e constata impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso.

3.7.1 Qualidades físicas e organolépticas

♦ **Cor:** Responsável pela coloração da água, resulta da existência de sólidos dissolvidos; pode ser causada pelo ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água (principalmente vegetais), pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos. Quando de origem natural, não representa risco direto à saúde, mas consumidores podem questionar a sua confiabilidade. Porém, a coloração da água contendo a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos potencialmente cancerígenos. De origem industrial, pode ou não apresentar toxicidade. É utilizada na caracterização de águas de abastecimento, brutas e tratadas (von Sperling, 1996; Branco, 1986).

♦ **Turbidez:** Presença de sólidos em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras



partículas provenientes de despejos domésticos e industriais. Pode reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese (Branco, 1986). De origem natural, não traz inconvenientes sanitários diretos. Porém, é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos. É utilizado como parâmetro na caracterização de águas de abastecimento, brutas e tratadas e no controle da operação das estações de tratamento de água.

♦ **Temperatura:** Medição da intensidade de calor influi em algumas propriedades a água, com reflexos sobre a vida aquática. A transferência de calor pode ser por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo), ou ainda pode ter origem em despejos industriais. As elevações de temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas, aumentam também a taxa de transferência dos gases, o que pode causar mau cheiro e diminuem a solubilidade dos gases (ex: oxigênio dissolvido). Utilizada na caracterização de corpos d'água e água residual bruta (von Sperling, 1996).

♦ **Sabor e odor:** O sabor é interação entre o gosto e o odor, resultam de causas naturais, como as algas, vegetação em decomposição e artificiais, esgotos domésticos e industriais. Não representa risco à saúde. É utilizado na caracterização de águas de abastecimento, brutas e tratadas (Mota, 1997).

3.7.2 Qualidades químicas e bioquímicas

♦ **Oxigênio dissolvido (OD):** A água, em condições normais, contém OD, cujo teor de saturação depende da pressão e da temperatura; águas com baixos teores de OD indicam que receberam matéria orgânica, a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do OD na água e, dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de OD pode alcançar valores muito baixos. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias, com geração de maus odores (von Sperling, 1996). A determinação do OD é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microrganismos decompositores e, conseqüentemente, maior o consumo de oxigênio. A morte de peixes em rios poluídos se deve, portanto, à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas (Deberdt, 2002).



♦ **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):** Utilizada para exprimir o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente, corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microrganismos do esgoto ou águas poluídas (Deberdt, 2002). Retrata, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água. A DBO determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias e à temperatura de 20°C, é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água (von Sperling, 1996).

♦ **Demanda Química de Oxigênio (DQO):** É a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica e outras substâncias contidas no líquido, através de um agente químico. A DQO também é determinada em laboratório, mas os resultados são obtidos mais rapidamente. Para o mesmo líquido, a DQO é sempre maior que a DBO (von Sperling, 1996).

3.7.3 Qualidade biológica

♦ **Algas:** Desempenham um papel importante no ambiente aquático, são responsáveis pela produção de grande parte do OD do meio, porém em grandes quantidades, como resultado do excesso de nutrientes (eutrofização), trazem alguns inconvenientes: sabor e odor, toxidez, turbidez e cor; formação de massas de matéria orgânica que, ao serem decompostas, provocam a redução do oxigênio dissolvido; interferência nos processos de tratamento de água e aspecto estético desagradável (Deberdt, 2002).

♦ **Coliformes:** São indicadores da presença de microrganismos patogênicos na água; a presença das bactérias coliformes fecais na água de um rio significa, pois, que esse rio recebeu matérias fecais, ou esgotos. A presença de coliformes totais na água não representa, por si só, um perigo à saúde, mas indica a possível presença de outros organismos causadores de problemas à saúde (Uniagua, 2002). Assim, se a água recebe fezes, ela pode muito bem estar recebendo micróbios patogênicos. Por isso, a presença de coliformes fecais na água indica a possível presença de seres patogênicos, causadores de doenças (Deberdt, 2002).



3.7.4 Índices de qualidade da água (IQA)

Os índices de qualidade da água são utilizados para transmitir informações sobre a qualidade da água, ao público em geral, dando a tendência da evolução da qualidade durante um determinado período de tempo (Porto, 1991). O valor final do IQA deve classificar a qualidade da água em ótima, boa, aceitável, ruim ou péssima (CETESB, 2002).

O indicador de qualidade de água utilizado pela CETESB (2001), tem por objetivo avaliar a qualidade da água, objetivando o uso de abastecimento urbano. A princípio a CETESB (2001) indicou um conjunto de 35 parâmetros de IQA, entre estes foram selecionados 9 parâmetros: temperatura, OD, DBO, pH, número mais provável de coliformes (NMP), nitrogênio total, fósforo total, turbidez, e TDS (sólidos totais dissolvidos), para compor o tal índice.

Para estes foram estabelecidas curvas de variação de qualidade das águas de acordo com o estado e variação de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentados na Figura 6 (CETESB, 2002).

Para o cálculo do IQA é utilizada a seguinte fórmula (Porto, 1991):

$$IQA = \text{Produto}(q_i^{w_i}) \quad (3)$$

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i = "nota" ou qualidade da variável i , um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida.

w_i = peso da variável i , um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo calculada pela equação:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (4)$$

em que:

n = número de parâmetros que entram no cálculo do IQA

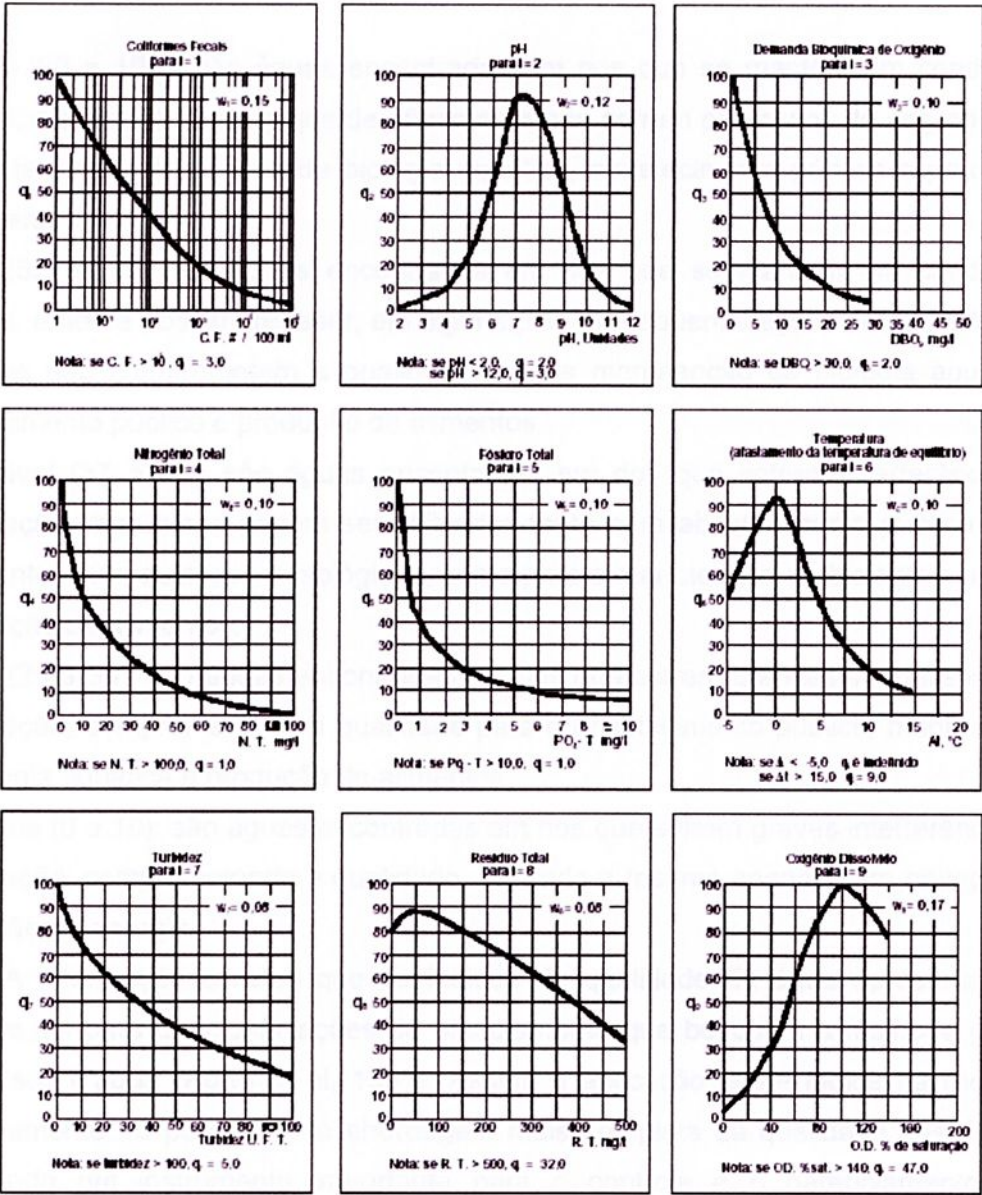


Figura 6 – Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas.

Fonte: Cetesb (2001).

De acordo com o valor resultante a CETESB classifica um curso d'água conforme o Quadro 5.

Quadro 5 – Índice de Qualidade da Água (IQA)

Ótima	80 a 100
Boa	52 a 79
Aceitável	37 a 51
Ruim	20 a 36
Péssima	0 a 19

Fonte: CETESB, (2002)

- Ótima (80 a 100): são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, não recebem despejos de efluentes e não sofrem processos de degradação, excelente para manutenção da biologia aquática, abastecimento público e produção de alimentos.
- Boa (52 a 79): são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, embora possam receber, em alguns pontos, pequenas ações de degradação, mas que não comprometem a qualidade para a manutenção da biologia aquática, abastecimento público e produção de alimentos.
- Aceitável (37 a 51): são águas encontradas em rios que sofrem interferências e degradação, mas ainda podem ser utilizadas tanto para abastecimento público após tratamento físico-químicos e biológicos, como para a manutenção da biologia aquática e produção de alimentos.
- Ruim (20 a 36): são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, comprometendo a qualidade para o abastecimento público, manutenção da biologia aquática e produção de alimentos.
- Péssima (0 a 19): são águas encontradas em rios que sofrem graves interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo a mesma apenas para navegação e geração de energia.

A informação concisa que os índices de qualidade da água apresentam, é bastante útil para direcionar ações de planejamento que busquem a melhoria global dos cursos d'água (Porto et al, 1991). Assim, a aplicação deste índice na rede de monitoramento irá permitir uma abordagem mais completa da qualidade das águas, fornecendo um instrumento importante para o controle e o gerenciamento dos recursos hídricos.

3.8 Controle e recuperação da qualidade da água - Estudo de casos

De acordo com dados recentes da Unesco, o Brasil é um dos países mais favorecidos em recursos hídricos, mas ainda sujeito a restrições de usos.

A Amazônia, por exemplo, é uma região que detém a maior bacia fluvial do mundo, é, também, uma das regiões menos habitadas do Brasil.

Em contrapartida, as maiores concentrações populacionais do país encontram-se nas capitais, distantes dos grandes rios brasileiros, como o Amazonas, o São Francisco e o Paraná. E há ainda o Nordeste, onde a falta d'água por longos períodos tem contribuído para o abandono das terras e para a migração aos centros urbanos,

como São Paulo e Rio de Janeiro, agravando ainda mais o problema da escassez de água nessas cidades (www.aloescola.com.br).

Em Porto Alegre, o rio Guaíba está comprometido pelo lançamento de resíduos domésticos, além de sofrer as consequências do uso inadequado de agrotóxico e fertilizante. Assim como em Brasília, além de enfrentar a escassez de água, tem problemas com a poluição do lago Paranoá.

A ocupação urbana das áreas de mananciais do Alto Iguaçu compromete a qualidade das águas para abastecimento de Curitiba. O rio Paraíba do Sul, além de abastecer a região metropolitana do Rio de Janeiro, é manancial de importantes cidades de São Paulo e Minas Gerais, onde são graves os problemas devido ao garimpo, à erosão, aos desmatamentos e aos esgotos (www.aloescola.com.br).

No Estado de São Paulo, pode-se vislumbrar o quadro de super exploração e poluição dos mananciais superficiais e subterrâneos, notadamente na Grande São Paulo, Baixada Santista, Vale do Paraíba e Bacias do Piracicaba e do Sorocaba. Os estudos e projeções já realizados indicam que, mantidas as tendências atuais de crescimento, estas regiões apresentarão, já no início do século XXI, uma situação de absoluta falta de água para atender a demanda urbana, industrial e agrícola (www.daee.sp.gov.br).

Caso 1: O problema no Guaíba não está apenas em suas águas, mas também em sua identidade geográfica, pois é um lago, um estuário e não um rio. De qualquer forma, existe um programa de gerenciamento para cuidar dele, envolvendo Porto Alegre, Canoas e Guaíba, as três principais cidades banhadas pela bacia. Visando promover o *Desenvolvimento Ecologicamente Sustentável e Socialmente Justo da Região Hidrográfica do Guaíba*, o governo do Rio Grande do Sul lançou o programa *Pró-Guaíba*. O programa foi concebido em 1989 com duração prevista para 20 anos. Os principais problemas ambientais nas áreas urbanas são a contaminação industrial, a disposição irregular de lixo e o lançamento de esgoto "in natura" nos rios e arroios. Nas áreas rurais, os problemas relacionam-se à contaminação por agrotóxicos, desmatamento, ausência de saneamento (www.proguaiba.rs.gov.br).

No Plano de Ações serão cadastradas em banco de dados as fontes poluidoras industriais e seu impacto, possibilitando a posterior identificação de ações prioritárias para a melhoria da qualidade ambiental. A Rede de Monitoramento objetiva manter atualizadas as informações relativas às condições dos recursos hídricos e atmosféricos, bem como identificar e acompanhar os principais conflitos entre a

capacidade de suporte do ambiente, o uso e a ocupação territorial (www.fepam.rs.gov.br).

Porto Alegre, a maior das três cidades, tem alcançado grande progresso na melhoria do Guaíba. A Zona Sul da capital conta com uma satisfatória rede de esgotos, mas a região central, densamente povoada, ainda preocupa devido à existência de córregos urbanos que continuam funcionando como esgotos a céu aberto. Mesmo com tantas melhorias, o programa Pró-Guaíba, hoje, ainda aguarda recursos para iniciar licitações e regularizar o problema (www.soaresoliveira.br/projetoagua/guaiba.html).

Caso 2: O Lago Paranoá foi formado em 1959, com o objetivo de melhorar o clima da cidade (construída em uma região de baixa umidade de ar) e também para paisagismo e recreação. Ele somente chegou ao seu volume ideal no fim de 1961. Dez anos depois de sua formação, estava completamente impróprio para banho. O crescimento desordenado das algas que se alimentaram dos dejetos ricos em nutrientes jogados diariamente no lago, causou a eutrofização.

Com o objetivo de recuperar a qualidade das águas do lago para as suas finalidades originais - lazer, recreação e prática de esportes - a Companhia de Saneamento do Distrito Federal (Caesb), iniciou um programa de canalização e tratamento dos esgotos gerados pela população, bem como adequar a ocupação urbana e os usos do solo da bacia à capacidade de suporte daquele ecossistema.

A concentração de fósforo era o maior limitante para o controle da eutrofização e os esgotos lançados sem tratamento adequado no lago eram a principal fonte do problema. Conseqüentemente, todos os esgotos da bacia deveriam ser tratados a nível terciário ou desviados para fora da bacia (www.aguaonline.com.br).

Para remover esse excesso de fósforo (nutriente), seria necessário o uso de produtos químicos, tornando o custo do processo de tratamento muito caro. A fim de diminuir custos, apostou-se em um processo ainda não consolidado na época: a remoção biológica de nutrientes.

Então, em 1993, surgiu em Brasília a primeira estação de tratamento com remoção biológica da América Latina. No processo, chamado Phoredox, foram utilizados bactérias com alto poder de remoção do fósforo. Algumas condições foram criadas durante o processo de tratamento nas estações, para que elas predominem e retirem o fósforo da água. Esse material fica retido no lodo, que é retirado e

desidratado, podendo ser usado posteriormente como fertilizante (www.geocities.com/biotaonline).

Passados três anos, o Lago Paranoá apresentava sinais evidentes de uma recuperação ambiental que não se pode garantir, todavia, que irá persistir, até pelas poucas informações existentes quanto à recuperação de ambientes aquáticos tropicais degradados. A solução foi a considerada à época, como a mais adequada para iniciar o processo de recuperação do Lago Paranoá (www.caesb.df.gov.br).

Assim, o Lago Paranoá está deixando para trás a sua imagem de sujeira e poluição e tornando-se um espaço de lazer para os brasilienses, que começam a acreditar na boa qualidade de suas águas.

Pode-se observar que os principais problemas que contribuíram para a degradação da qualidade da água têm origem no lançamento de esgoto doméstico “in natura” no corpo receptor.

Nos últimos anos tem se notado uma crescente preocupação com a poluição em ambientes aquáticos, decorrente da implantação de programas de educação ambiental.

A maior preocupação é o fornecimento de água com qualidade e quantidade adequada para os diversos usos, devido à escassez crescente e ao comprometimento da qualidade da água, abordada por Gastaldini et al. (2000). O trabalho verifica as correlações entre as variáveis hidrológicas e os parâmetros de qualidade das águas, onde a precipitação apresentou uma menor correlação e, a cor, turbidez, dureza e alcalinidade estão mais sujeitas a variações.

Caso 3: Monitoramento da qualidade dos principais corpos d'água do Estado de São Paulo - A CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2001), mantém desde 1974 um programa de monitoramento de qualidade das águas interiores, conta atualmente com 136 pontos de coleta, avaliando assim a qualidade dos principais corpos d'água do Estado. Os principais objetivos dessa rede de monitoramento são:

- ♦ avaliar a evolução da qualidade das águas interiores e dos reservatórios do Estado;
- ♦ propiciar o levantamento das áreas prioritárias para o controle de poluição das águas;
- ♦ dar subsídio técnico para a elaboração dos Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos, realizados pelos comitês das Bacias Hidrográficas;



♦ identificar trechos de rios onde a qualidade possa estar mais degradada, possibilitando ações preventivas e de controle da CETESB, como a construção de ETEs pelos municípios ou a adequação de lançamentos industriais.

Os dados gerados permitem detectar a qualidade da água em tempo real, constitui ainda um importante instrumento de planejamento, pois definem a situação dos municípios com relação à coleta e tratamento de esgotos. O Estado de São Paulo foi dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHIs. Os resultados obtidos no monitoramento são comparados com os padrões estabelecidos pela resolução do CONAMA 20/86. O enquadramento na classificação estabelecida pela resolução do CONAMA 20/86 deve basear-se em diagnósticos regionais, levando-se em consideração dados sócio-econômicos, uso do solo e os usos pretendidos para o recurso hídrico.

Na Figura 7, é apresentada a distribuição percentual do Índice de Qualidade da Água para o Estado de São Paulo, onde podemos observar que a classe de qualidade Boa predominou sobre as demais.



Figura 7 – Distribuição do IQA percentual para o Estado de São Paulo

Fonte: (CETESB, 2002)

Com este trabalho, a CETESB concluiu que para as 22 UGRHI o grande problema ainda é o lançamento de esgoto doméstico “in natura”. Assim, os rios e reservatórios poderão ser comprometidos pela ausência de OD, excesso de nutrientes (eutrofização), contaminação bacteriológica, entre outros.

4.1.1 Características do Estado de Tratamento de Esgoto

O Conselho de Sanção Autônoma de Água e Esgoto (CSAEE) do Estado de São Paulo, em 1998, aprovou a Resolução 10/98, que estabelece o padrão de 10% de lançamento de esgoto doméstico “in natura” no corpo receptor de água, o qual

4. Material e métodos

4.1 Descrição da área de Trabalho

A cidade de Santa Fé do Sul localiza-se no noroeste do Estado de São Paulo, distante 634km da capital, pela divisão das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, pertence à Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados. A Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados é contribuinte do Reservatório de Ilha Solteira e tem uma área de drenagem de 6.825km².

A cidade está localizada a 18Km dos rios Grande (divisa natural SP/MG) e Paranaíba (divisa natural MS/MG), onde ocorre a formação do rio Paraná.

O clima é quente, tropical úmido com chuvas de verão e estiagem no inverno, temperaturas médias entre 22°C e 18°C, sendo o verão a estação predominante. As precipitações pluviométricas ficaram acima de 1.300mm/ano, no ano de 2001, concentrando-se na primavera-verão, de outubro a março, ocorrendo estiagem de junho a setembro.

A região do Oeste Paulista, onde está localizada a Micro Bacia do Córrego Cabeceira da Mula, tem na agropecuária sua principal atividade, destacando-se a pecuária, cana-de-açúcar, laranja, café, multiculturas e culturas temporárias. No setor industrial destacam-se os curtumes, frigoríficos e laticínios.

4.1.1 Características da Estação de Tratamento de Esgoto

O objetivo do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Santa Fé do Sul com a instalação da ETE foi de tratar os 60% dos efluentes da cidade, que eram drenados para o Córrego Cabeceira da Mula, onde eram lançados "in natura", o qual

poluía o corpo receptor até o deságüe no lago da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira em Rubinéia - SP. Os esgotos da cidade de Santa Fé do Sul têm origem em três principais fontes: esgotos domésticos, despejos industriais e águas de infiltração.

O projeto da ETE foi desenvolvido para atender a área com maior densidade demográfica da cidade inserida na Micro Bacia do Córrego Cabeceira da Mula. A população da área de projeto foi estimada em 16.400 habitantes.

A ETE iniciou suas atividades em setembro de 2000 (com carregamento pleno), constituída por três lagoas de estabilização em série. Na Figura 8 observa-se a ETE da cidade de Santa Fé do Sul no período de obras, em uma das lagoas pode-se constatar a execução das divisórias de fluxo (chicanas).



Figura 8 – Vista das obras da ETE de Santa Fé do Sul

Fonte: www.daee.sp.gov.br

A lagoa anaeróbia recebe o esgoto bruto, atuando na remoção de resíduos por processos anaeróbios. O efluente desta lagoa é encaminhado à lagoa facultativa chicaneada, e por sua vez, seu efluente é encaminhado à lagoa de maturação também chicaneada. O arranjo de lagoas apresentado foi implantado objetivando-se a redução de coliformes fecais, antes de ser lançado ao curso d'água natural (corpo receptor).

O Quadro 6 apresenta algumas características do sistema de tratamento projetado para atenuar a carga poluidora lançada no Córrego Cabeceira da Mula. Os dados de projeto foram obtidos junto ao SAAE local.

Quadro 6 – Características da Estação de Tratamento de Esgoto

	Lagoa Anaeróbia	Lagoa Facultativa	Lagoa de Maturação
Vazão diária afluyente	3.200 m ³ /dia	3.200 m ³ /dia	3.200 m ³ /dia
Tempo de detenção	5 dias	14,85 dias	6 dias
Carga orgânica afluyente	900 kg DBO ₅ /dia	156 kg DBO ₅ /dia	49 kg DBO ₅ /dia
Carga orgânica efluente	156 kg DBO ₅ /dia	49 kg DBO ₅ /dia	49 kg DBO ₅ /dia

O efluente da ETE era lançado no Córrego Cabeceira da Mula próximo a junção com o Córrego Cabeceira Comprida, a partir deste ponto forma-se o Córrego São José.

4.1.2 Características do Córrego Cabeceira da Mula

A Micro Bacia do Córrego Cabeceira da Mula, situa-se ao norte da cidade, entre a Rodovia Euclídes da Cunha e o centro comercial, a Figura 9 apresenta o mapa da cidade de Santa Fé do Sul com a localização da Micro Bacia estudada.

A área urbana da cidade de Santa Fé do Sul esta subdividida em três bacias, duas são utilizadas para o afastamento dos esgotos da cidade. Dentre elas, a bacia do Córrego Cabeceira da Mula drena parte dos esgotos da zona central da cidade, bairros residenciais e distritos industriais.

O Córrego nasce em zona urbana e tem uma área de drenagem de 10,53km², apurada sobre a Carta do IGG, possui uma extensão de aproximadamente 4.900m e a declividade média da micro bacia é de 9,897x10⁻⁵m/km.

O Córrego Cabeceira da Mula está enquadrado como Classe III, conforme Decreto Estadual 10.755 de 22/11/77, em função de sua classificação é permitido o lançamento de efluente a concentração máxima de DBO₅ é de até 10mg/L.

Figura 9 – Mapa da cidade de Santa Fé do Sul com a localização da Micro Bacia estudada

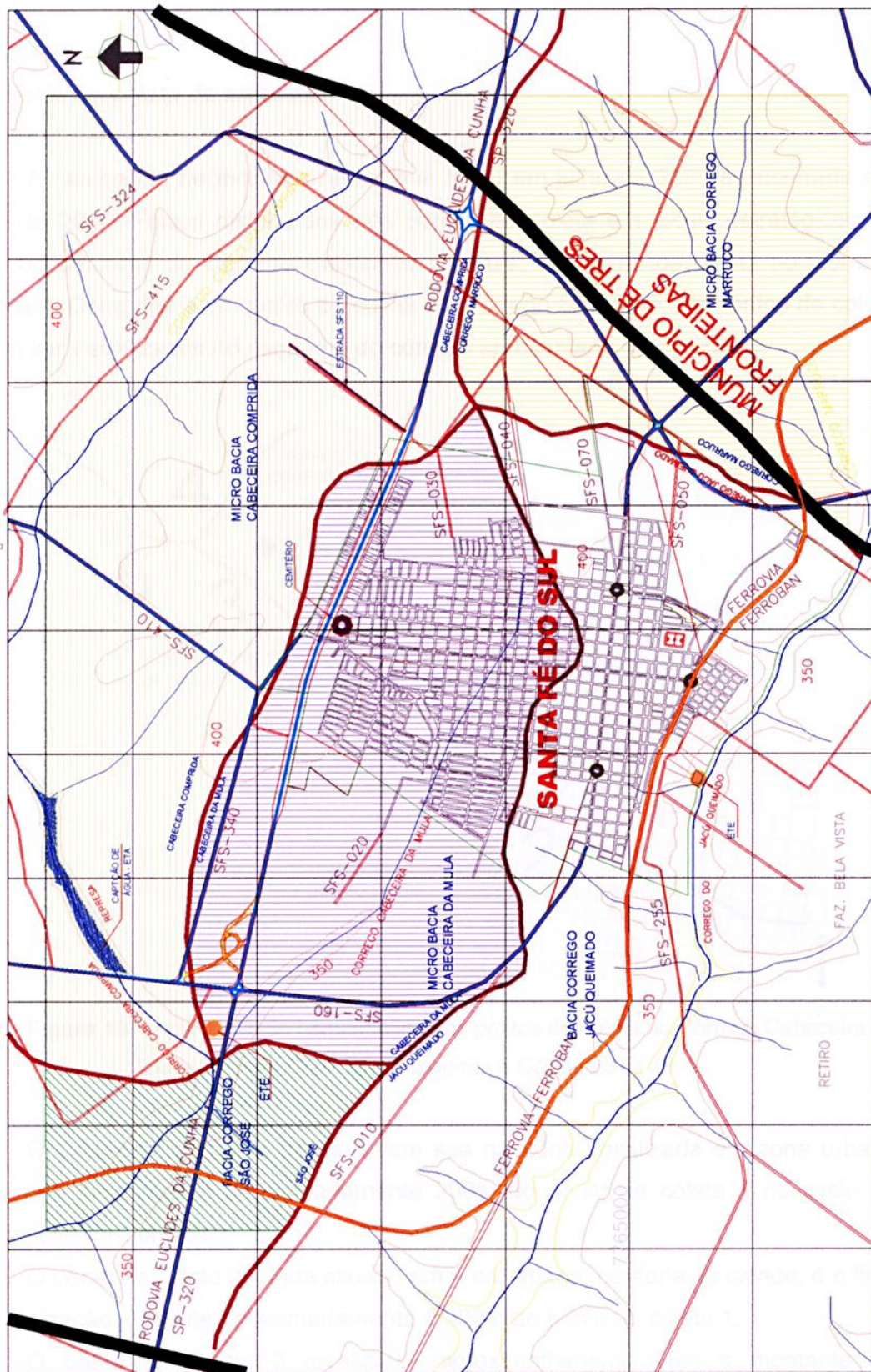


Figura 9 – Mapa da cidade de Santa Fé do Sul com a localização da Micro-Bacia.

Fonte: SAAE de Santa Fé do Sul - SP

4.2 Locais de coleta de amostras

A campanha de monitoramento teve início em julho de 2000 e encerrada em junho de 2002. Foram distribuídos três pontos de coleta em locais estratégicos ao longo do percurso do Córrego Cabeceira da Mula, um ponto de coleta no Córrego Cabeceira Comprida e um ponto de coleta no Córrego São José. Os pontos de coleta podem ser visualizados no esquema do córrego apresentado na Figura 10.

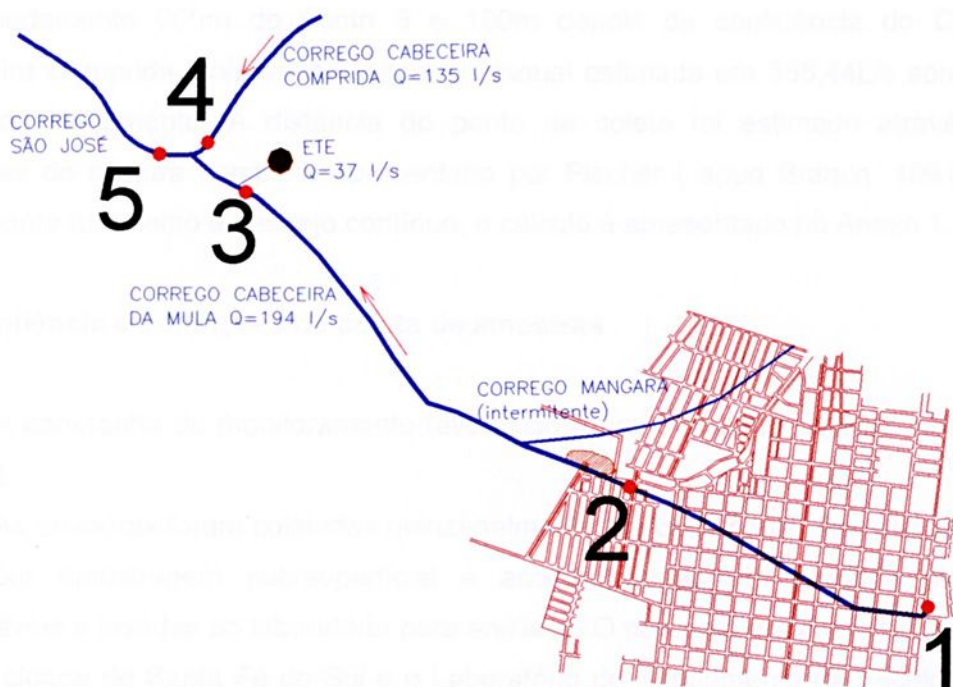


Figura 10 – Apresentação esquemática dos pontos de coleta no Córrego Cabeceira da Mula, Córrego Cabeceira Comprida e Córrego São José.

O Córrego Cabeceira da Mula tem sua nascente localizada em zona urbana residencial localizada a aproximadamente 200m do ponto de coleta 1 no início da canalização do Córrego.

O ponto de coleta 2, ainda situado em área urbana, periferia da cidade, é o final da canalização, distante aproximadamente 1.500m do ponto de coleta 1.

O ponto de coleta 3 localiza-se aproximadamente 15m à montante do lançamento do efluente da ETE, próximo à Rodovia Euclides da Cunha, distante aproximadamente 3.200m do ponto de coleta 2. Neste ponto estima-se que a vazão média plurianual é de 193,89L/s, obtida a partir de dados hidrológicos da região. Como

a vazão mínima da bacia $Q_{7,10}$ é estimada em 44,3L/s, pouco maior que a vazão média de lançamento de efluente, de 27L/s, estimada para as condições do período de monitoramento.

O ponto de coleta 4, está localizado no Córrego Cabeceira Comprida, aproximadamente 3,0m antes da confluência com Córrego Cabeceira da Mula, à jusante da captação de água de abastecimento, com vazão média plurianual estimada, a partir de dados hidrológicos, em 134,55L/s.

O ponto de coleta 5 localiza-se após a confluência do Córrego Cabeceira Comprida e Córrego Cabaceira da Mula, onde recebe o nome de Córrego São José, aproximadamente 250m do ponto 3 e 100m depois da confluência do Córrego Cabeceira Comprida, com vazão média plurianual estimada em 355,44L/s somada a vazão de lançamento. A distância do ponto de coleta foi estimado através das equações de mistura completa apresentado por Fischer (apud Branco, 1991) para escoamento turbulento e despejo contínuo, o cálculo é apresentado no Anexo 1.

4.3 Frequência e condições de coleta de amostras

A campanha de monitoramento teve início a partir de julho de 2000 até junho de 2002.

As amostras foram coletadas quinzenalmente em cada ponto. As coletas foram feitas por amostragem sub-superficial e acondicionadas em garrafas plásticas descartáveis e levadas ao laboratório para análises. O percurso era em torno de 80km entre a cidade de Santa Fé do Sul e o Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP. As coletas de amostras foram realizadas nas primeiras horas do dia (em torno das 9:00 horas) e analisadas logo após a chegada ao laboratório. As condições climáticas dos dias de coleta de amostras encontram-se no Anexo 2.

4.4 Parâmetros de Monitoramento e Análises Laboratoriais

Como parâmetros de monitoramento, inicialmente foram adotados apenas os parâmetros de DBO e DQO.

Para diagnosticar o Índice de Qualidade de Água (IQA), foram adotados os parâmetros sugeridos pela CETESB adaptado do IQA sugerido pela National Sanitation Foundation, USA, que são os seguintes: OD, Coliformes Fecais, pH, DBO,



nitratos, fosfatos, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Estes compõem os parâmetros para a indicação da qualidade entre 0 e 100, correspondente aos níveis de qualidade.

Com relação ao parâmetro DBO, os dados se referem a concentrações de DBO de 5 dias a 20°C, DBO₅.

A metodologia de determinação dos parâmetros em laboratório seguiu os procedimentos recomendados pelo Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater e a metodologia utilizada pela CETESB (Silva, 1977).

O IQA foi estimado utilizando-se a formulação apresentada no item 3.7.4, os gráficos apresentados na Figura 6 e pelo Quadro 6. O parâmetro Nitrogênio Total considerado foi a soma dos nitrogênios orgânico e amoniacal. Ambas as formas estão presentes em detritos oriundos de atividades biológicas naturais. A concentração de nitrogênio total em águas que não são influenciadas pelo excesso de insumos orgânicos varia de 0,5 a 1mg/L. Para simular a influência deste parâmetro adotou-se Nitrogênio total variando de a 5mg/L a 20mg/L, como pode ser observado no Anexo 3.

Para determinação da evolução do IQA foram realizadas quatro coletas, distribuídas entre mês de maio e junho de 2002, com intervalos de quinze dias. O resultado do monitoramento e análises laboratoriais está apresentado, em forma de tabelas.

4.5 Avaliação visual

O Córrego Cabeceira da Mula foi fotografado no início do monitoramento em diversos pontos, as fotografias foram utilizadas posteriormente para uma análise da melhora no aspecto visual, através de comparação com fotografias recentes.

4.6 Avaliação dos resultados

Os valores obtidos para os parâmetros DBO₅ e DQO das amostras de água dos pontos de coleta foram apresentados subdivididos em etapas, sob a forma de gráficos e tabelas para posterior análise do ponto de vista ambiental. Em uma das etapas foram feitas análises para determinar os parâmetros do IQA utilizados na classificação dos pontos de coleta para verificação da qualidade das águas dos córregos monitorados.



5. Resultados

5.1 Avaliação visual do Córrego Cabeceira da Mula

O Córrego Cabeceira da Mula é um dos corpos receptores da cidade de Santa Fé do Sul. A Figura 11 apresenta a localização e trajeto do Córrego cruzando a área urbana de Santa Fé do Sul.



Figura 11 – Localização e trajeto do Córrego Cabeceira da Mula na cidade de Santa Fé do Sul.

O córrego é canalizado por aproximadamente 1.500m iniciando o confinamento em tubos de concreto desde 200m da nascente. A Figura 12 apresenta o ponto de coleta 1, onde tem início a canalização do Córrego, imagem feita no início da campanha de monitoramento em julho de 2000.



Figura 12 – Ponto de coleta 1, foto do início da campanha de monitoramento.

Nota-se na Figura 12, uma grande quantidade de vegetação ao redor do local de coleta, o que dificultava os trabalhos de retirada de amostras.

A Figura 13 apresenta a imagem do mesmo ponto de coleta 1 durante o monitoramento. Observa-se um local limpo, sem a vegetação, como existente anteriormente.



Figura 13 – Foto do ponto de coleta 1, local sem a vegetação anterior.

Assim no decorrer da campanha de monitoramento ocorreram transformações no local de amostragem com consecutivas obras próximas do ponto de coleta 1. Na Figura 14 é apresentada a imagem do ponto de coleta 1, observa-se a execução da obra de contenção de enchentes, a qual pode ser observada de um outro ângulo na Figura 15, mostrando a extensão da obra em andamento.

As sucessivas obras de reurbanização da área da nascente têm melhorado o aspecto visual da área, oferecendo à população uma opção de lazer e descanso.



Figura 14 – Foto do ponto de coleta 1, observa-se o início da canalização, próximo à nascente.

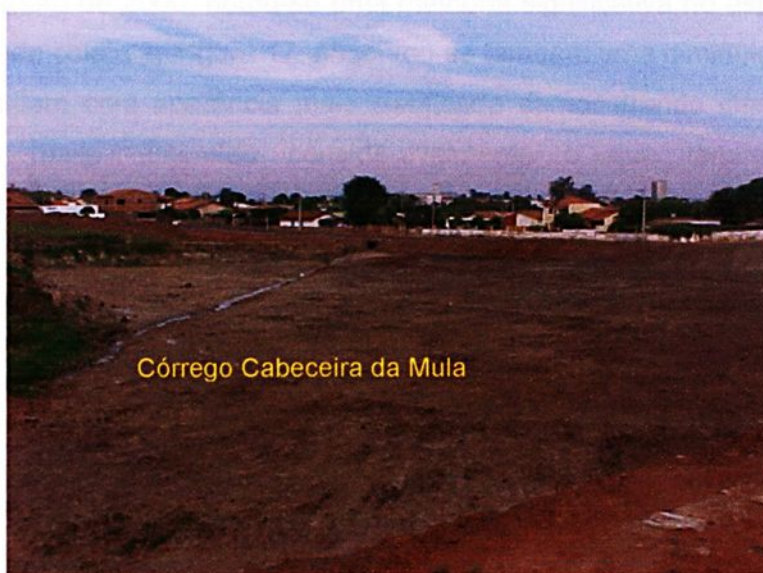


Figura 15 – Obras de contenção de enchente.

Na Figura 16, é mostrada a imagem do local do ponto de coleta 2, no início da campanha de monitoramento. A imagem foi feita antes da implantação do interceptor e da ETE, na qual pode-se notar o grau de deterioração das águas do Córrego na saída do trecho.



Figura 16 – Local do ponto de coleta 2, no final da canalização, aspecto visual antes da implantação do interceptor e da ETE.

O aspecto visual do local foi classificado como péssimo, pela carga orgânica apresentada estar próxima do esgoto bruto, devido a coloração acinzentada das águas que denunciavam a presença de esgoto acompanhado de cheiro característico.

Com a finalização das obras de implantação do interceptor de esgoto e da ETE, em setembro de 2000, notou-se uma melhoria significativa no aspecto visual do local do ponto de coleta 2, Figura 17, observou-se também uma diminuição da vazão e as águas estavam com aparência mais clarificada demonstrando claramente que a contaminação havia diminuído consideravelmente o que também pode ser comprovado nos resultados quantitativos do item 5.2.

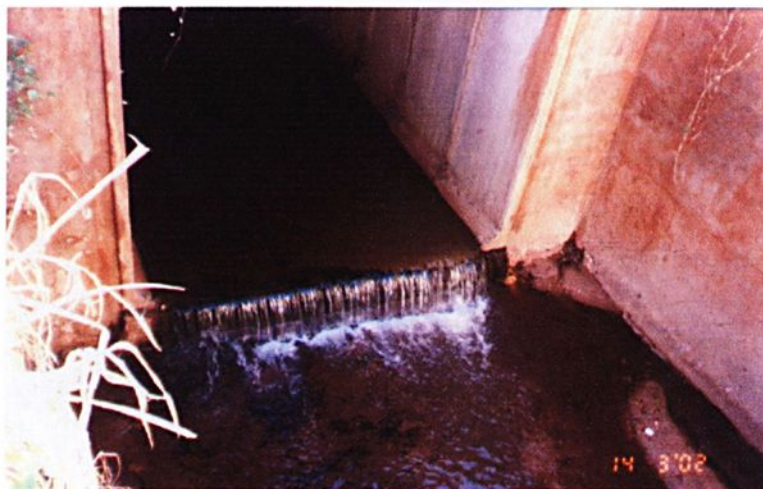


Figura 17 – Aspecto visual do local do ponto de coleta 2 após o término das obras de implantação do interceptor e da ETE.

Na imagem da Figura 18, mostra o córrego à jusante do local do ponto de coleta 2, onde se notou sinais de degradação em decorrência a ocupação urbana aleatória. Ainda observou-se um depósito de resíduo sólido (lixo e entulho), próximo às margens do córrego, que podem ser carregados em época de cheia pelas enxurradas freqüentes neste ponto, denunciada pelas erosões nas encostas do leito.



Figura 18 – Sinais de degradação visíveis, foto à jusante do local do ponto de coleta 2.

Na imagem da Figura 19, foi notado no dia da inspeção, o escoamento de água de pequena monta desembocando no Córrego Cabeceira da Mula. Essa contribuição ocorre em ocasiões de chuvas torrenciais, tornando-o intermitente a maior parte do tempo. Por este motivo, não foram realizadas coletas neste local.



Figura 19 – Escoamento intermitente com águas aparentemente limpas.

O escoamento ocasional não apresenta sinais de poluição, não exala odor característico de corpos d'água em degradação, como apresenta o Córrego Cabeceira da Mula neste ponto de deságüe.

Analisando a imagem quanto ao aspecto visual, foram observados, restos de animais e muito resíduos sólidos no local do deságüe, como mostra a imagem da Figura 20.



Figura 20 – Restos mortais de animais depositados no Córrego Cabeceira da Mula.

O odor característico de matéria orgânica em decomposição fazia presente e provavelmente deveu-se aos restos mortais de animais depositados no leito do Córrego Cabeceira da Mula.

A Figura 21 apresenta a imagem do Córrego Cabeceira da Mula vista de outro ângulo, no mesmo local da Figura 20. As presenças de restos mortais de animais e detritos diversos depositados às margens do córrego eram em quantidade considerável.

Uma ação de conscientização ambiental faz-se necessário para coibir esta prática de deposição de resíduos em leitos de córregos e terrenos baldios.



Figura 21 – Restos mortais de animais e resíduos sólidos depositados às margens do Córrego Cabeceira da Mula.

Na Figura 22, outra imagem da Cabeceira da Mula mostrando a grande quantidade de resíduos sólidos deixados às margens do Córrego. O local mostrado localiza-se próximo a um conjunto habitacional na periferia da cidade.



Figura 22 – Local na periferia de Santa Fé do Sul ainda apresenta depósito de resíduos da vida coletiva.

A imagem da Figura 23 mostra o local onde foram encontradas tubulações clandestinas de esgotamento sanitário, descarregando esgoto doméstico diretamente no córrego, sem nenhum tratamento.



Figura 23 – Tubulação de esgotamento clandestino, descarregando diretamente no Córrego Cabeceira da Mula.

Na Figura 24 mostrando o Córrego na Zona Rural, observou-se a melhora no aspecto visual com águas aparentemente mais claras com aspecto límpido e pouco odor.



Figura 24 – Na Zona Rural o Córrego apresenta uma melhora no aspecto visual.

Na Figura 25, foi notado o carreamento de sedimentos resultantes das erosões a montante que foram depositados no fundo do Córrego. O mesmo pode ser observado na imagem da Figura 26, no local próximo à Rodovia Euclides da Cunha, a

presença grandes bancos de areia e outros detritos depositados entre os meandros do Córrego.



Figura 25 – Aporte de material no fundo do Córrego.



Figura 26 – Local próximo à Rodovia Euclides da Cunha.

Na Figura 27, a imagem do local do ponto de coleta 3, no início da campanha de monitoramento. Este ponto apresentava coloração verde acinzentada e forte odor característico de corpos d'água que recebem despejos orgânicos e água servida. Aspecto este, comparável ao local do ponto de coleta 2 após a implantação de rede interceptora de esgoto.



Figura 27 – Local do ponto de coleta 3, águas com coloração acinzentada no início da campanha de monitoramento.

Na Figura 28, pode-se observar a imagem do local do ponto de coleta 3 durante o monitoramento, apresentou ligeira melhora no aspecto visual das águas. Após a implantação da ETE e dos interceptores de esgoto, a água estava visivelmente mais clara e isenta de odores característicos de matéria orgânica em decomposição.



Figura 28 – Águas mais claras no local do ponto de coleta 3.

Na Figura 29, pode-se visualizar o local do ponto de coleta 4, no Córrego Cabeceira Comprida, a montante do qual localiza-se a captação de água para abastecimento da cidade de Santa Fé do Sul. A coloração da água, marrom esverdeada, deveu-se provavelmente a sólidos em suspensão provenientes das obras na represa de captação de água de abastecimento.



Figura 29 – Local do ponto de coleta 4 no Córrego Cabeceira Comprida.

O local do ponto de coleta 5, é apresentado na imagem da Figura 30, situa-se após a confluência do Córrego Cabeceira da Mula com o Córrego Cabeceira Comprida, no início do Córrego denominado São José. No local da imagem não se notou odor característico de efluente da ETE e nem o odor de matéria orgânica em decomposição como observado antes da implantação do sistema de Saneamento. A predominância da coloração das águas neste local, tinha a mesma coloração do local do ponto de coleta 4.



Figura 30 – Local do ponto de coleta 5 no Córrego São José

Na Figura 31, é mostrada a imagem de uma grande quantidade de resíduos sólidos depositados próximo ao local do ponto de coleta 5, observaram-se detritos carreados pela enxurrada freqüente no tempo das águas. A situação repetia-se a cada

precipitação mais significativa, na qual os materiais depositados nas margens eram arrastados pela enxurrada para o leito, e depositados nos baixios que margeiam o Córrego.



Figura 31 – Local próximo ao local do ponto de coleta 5, resíduos sólidos arrastados pela enxurrada.

Assim há pouco tempo, a falta de interceptor e tratamento de parte do esgoto doméstico da cidade de Santa Fé do Sul, degradava o Córrego Cabeceira da Mula desde sua nascente até a junção com o Córrego Cabeceira Comprida.

As consequências do despejo eram sentidas não apenas pela população urbana como também pelos pequenos agricultores ribeirinhos, devido as águas do Córrego exalarem odores característicos de esgoto sanitário. Assim a utilização da água do córrego como uma fonte alternativa para a irrigação envolvia riscos de saúde pública devido a possibilidade de contaminação por organismos patogênicos.

Com a instalação do interceptor e da ETE, o Córrego Cabeceira da Mula deixou de receber da matéria orgânica proveniente da rede de esgotamento doméstico como vinha ocorrendo. Com a implantação da ETE, o Córrego vem se recuperando da degradação sofrida ao longo dos anos, como podem ser observados na análise visual e também verificados em termos de redução da carga orgânica e do Índice de Qualidade, assuntos estes que serão abordados nos próximos itens.

5.2 Resultados do Monitoramento

5.2.1 Etapa 1 – 17/07/2000 a 22/12/2000

O Quadro 7 apresenta os valores da concentração da DBO₅ e DQO para o período de monitoramento no ano de 2000. Observa-se que para todos os pontos a DBO foi decrescente ao longo do ano (exceto no ponto1), refletindo a redução de lançamento de matéria orgânica no córrego. A partir de meados de setembro a ETE iniciou suas atividades com carregamento pleno.

Quadro 7 – Valores da concentração de DBO e DQO para o período de 17/07/2000 a 22/12/2000.

Data	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
17/07/00	1,2	12	91,0	500	15,0	260	2,4	13	23,0	70
02/08/00	1,6	7	182,0	296	9,2	23	4,3	18	7,6	4
16/08/00	4,8	25	85,9	230	4,1	34	3,3	23	8,1	35
30/08/00	7,1	3	137,0	168	7,1	25	2,2	30	13,0	29
15/09/00	2,4	19	61,0	118	18,0	26	1,2	19	3,1	24
29/09/00	2,5	61	15,0	66	5,1	17	0,6	6	1,5	5
11/10/00	30,9	67	121,5	194	8,1	10	4,7	8	5,0	15
27/10/00	2,0	15	15,5	70	5,6	20	9,6	6	23,0	35
10/11/00	8,1	22	28,9	56	9,1	13	5,6	19	15,0	23
24/11/00	1,4	8	12,1	25	7,4	11	11,0	21	7,9	11
08/12/00	1,8	6	8,1	32	7,1	9	9,6	7	9,1	8
22/12/00	37,0	6	20,3	30	6,1	14	2,1	9	0,8	27

O Quadro 8 apresenta para a concentração de DBO e DQO, os valores máximos e mínimos e a média aritmética para cada ponto de coleta no período de 17/07/2000 a 22/12/2000.



Quadro 8 – Concentração de DBO e DQO, valores máximos e mínimos e média aritmética para o período de 17/07/2000 a 22/12/2000.

	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/ L)	DQO (mg/ L)	DBO (mg/ L)	DQO (mg/ L)	DBO (mg/ L)	DQO (mg/ L)	DBO (mg/ L)	DQO (mg/ L)
Máximo	37,0	67	137,0	500	18,0	260	11,0	30	23,0	70
Mínimo	1,2	6	8,1	25	4,1	9	0,6	6	1,5	4
Média	8,4	20,9	64,9	148,8	8,5	38,5	4,7	14,9	9,8	23,8

As Figuras 32, 33, 34, 35 e 36, apresentam os gráficos da concentração de DBO₅ (mg/L) e DQO (mg/L) para os pontos de amostragem no período de 17/07/2000 a 22/12/2000.

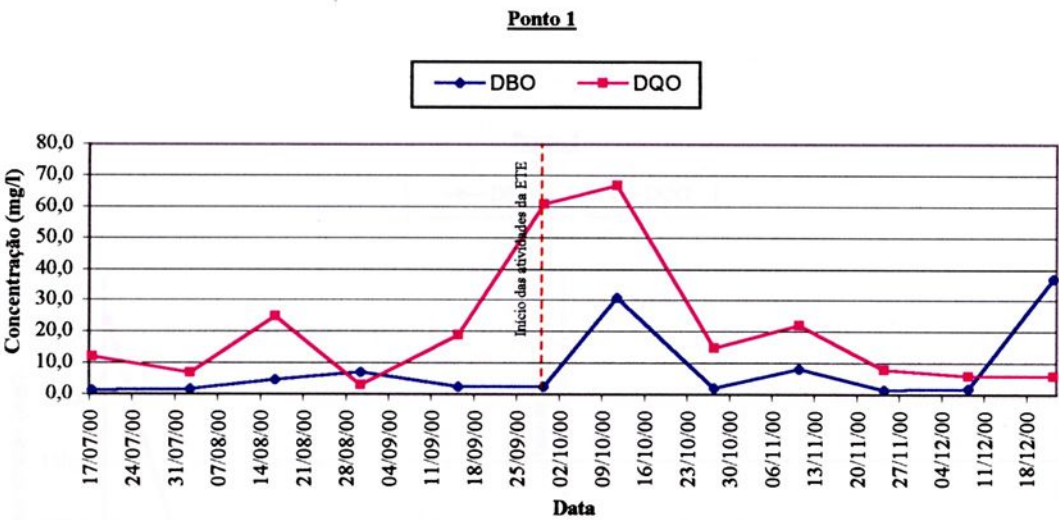


Figura 32 – Curva da concentração de DBO₅ e DQO para amostras do Ponto 1, ano 2000.

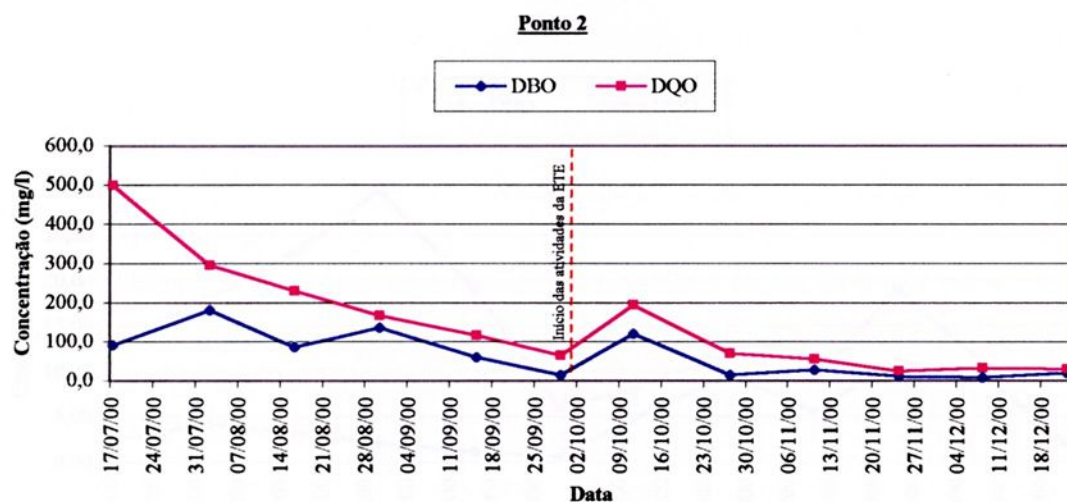


Figura 33 – Curva da concentração de DBO_5 e DQO para amostras do Ponto 2, ano 2000.

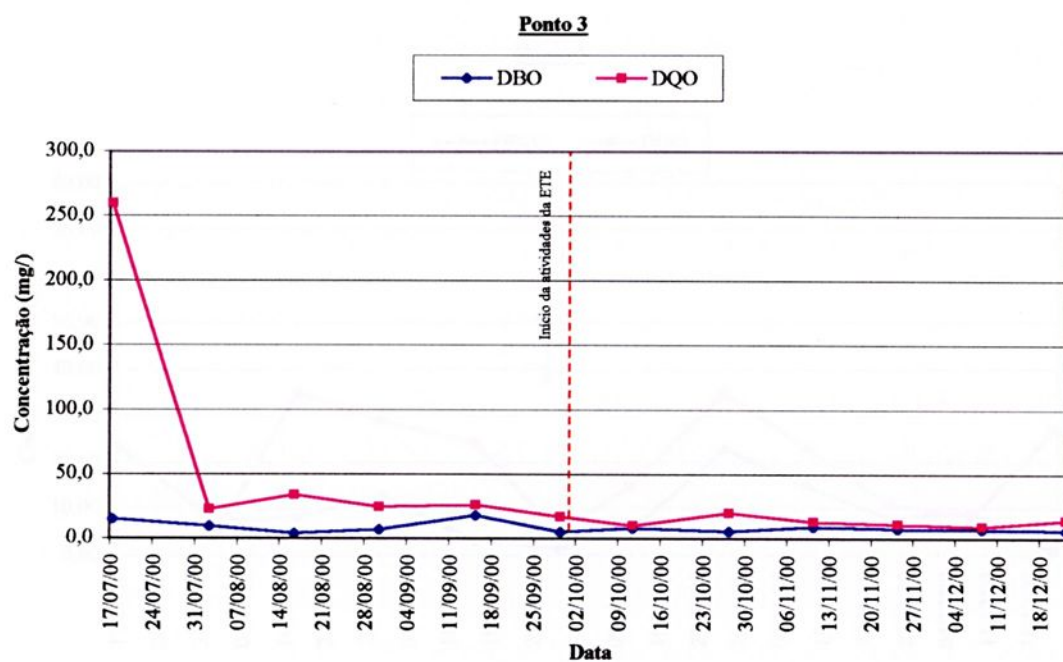


Figura 34 – Curva da concentração de DBO_5 e DQO para amostras do Ponto 3, ano 2000.

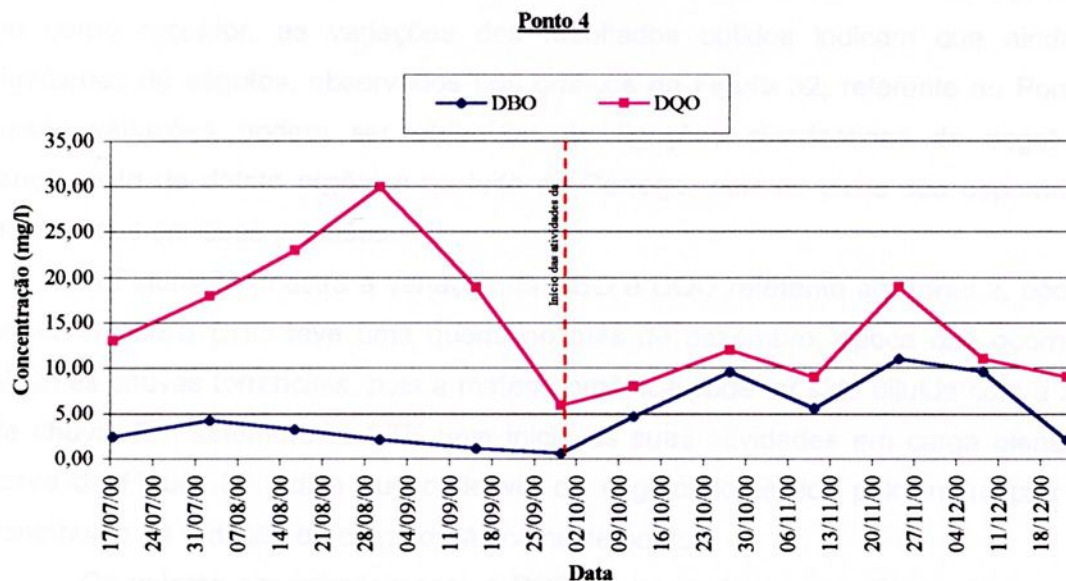


Figura 35 – Curva da concentração de DBO₅ e DQO para amostras do Ponto 4, ano 2000.

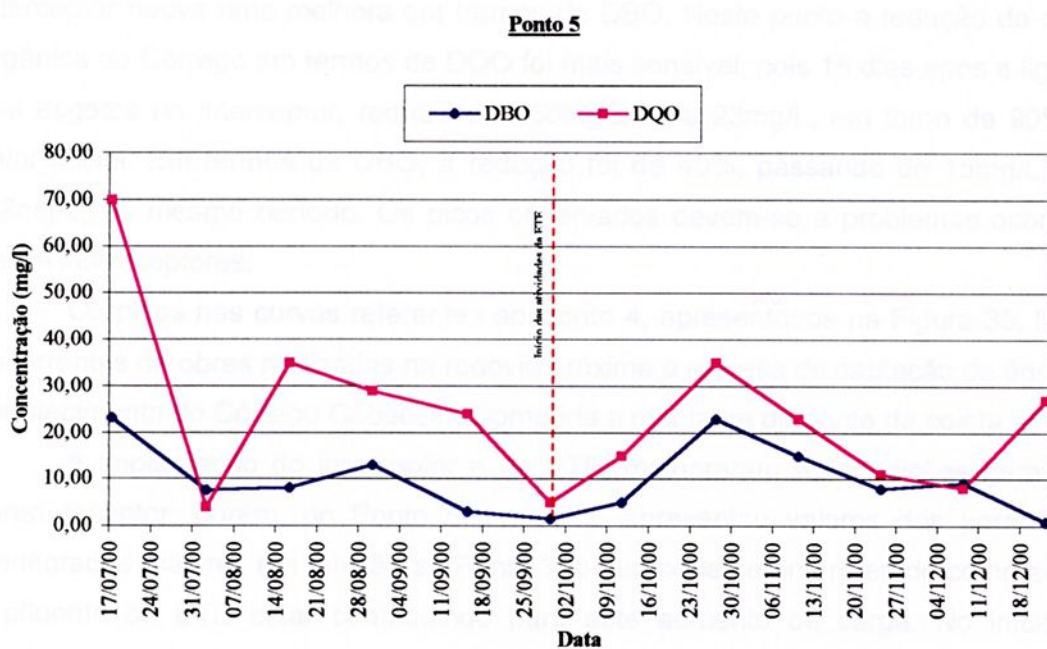


Figura 36 – Curva da concentração de DBO₅ e DQO para amostras do Ponto 5, ano 2000.

Apesar dos esforços do SAAE local em fazer vistorias nas edificações próximas ao corpo receptor, as variações dos resultados obtidos indicam que ainda há descargas de esgotos, observados nos gráficos da Figura 32, referente ao Ponto 1, essas variações podem ser atribuídas às ligações clandestinas de esgoto ou lançamento de detrito orgânico no leito do Córrego, pois os picos são esporádicos, observados em duas ocasiões.

A Figura 33, mostra a variação da DBO e DQO referente ao Ponto 2, pôde-se observar que a DBO teve uma queda no mês de dezembro, época que ocorreram algumas chuvas torrenciais, pois a matéria orgânica pode ter sido diluída com a água de chuva. Em setembro, a ETE teve início às suas atividades em carga plena e a curva da Figura 33 indica que o desvio do esgoto doméstico pelo interceptor tem contribuído na redução da carga orgânica neste ponto.

Os valores encontrados para a DBO no início do monitoramento giravam em torno de 100mg/L com pico de 182mg/L registrado no dia 02/08/2000, mas após esta constatação a curva é decrescente durante o enchimento da lagoa. Em outubro foi registrado um aumento de carga, ocasionado por um problema na rede coletora de esgoto.

Nas curvas da Figura 34, referentes ao Ponto 3, com a implantação do interceptor houve uma melhora em termos de DBO. Neste ponto a redução da carga orgânica do Córrego em termos de DQO foi mais sensível, pois 15 dias após a ligação dos esgotos no interceptor, reduziu de 260mg/L para 23mg/L, em torno de 90% do valor inicial. Em termos da DBO, a redução foi de 40%, passando de 15mg/L para 9,2mg/L, no mesmo período. Os picos observados devem-se a problemas ocorridos nesses interceptores.

Os picos nas curvas referentes ao Ponto 4, apresentados na Figura 35, foram decorrentes de obras realizadas na rodovia próxima a represa de captação de água de abastecimento do Córrego Cabeceira Comprida a montante do ponto de coleta.

A implantação do interceptor e da ETE, melhoraram as condições gerais do corpo receptor, porém, no Ponto 5 o mesmo apresentou valores dos parâmetros monitorados maiores em relação ao Ponto 3, o que pode ser interpretado como sendo o efluente da ETE estar contribuindo para este aumento de carga. No início do monitoramento a ETE estava na fase de partida e apresentou variações na qualidade final do efluente.



5.2.2 Etapa 2 – 05/01/2001 a 06/12/2001

No Quadro 9, apresentam-se os valores da concentração de DBO e DQO para o ano de 2001.

Quadro 9 – Valores da DBO 05/01/2001 a 06/12/2001.

Data	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
05/01/01	2,9	6	9,6	24	2,8	11	1,9	9	4,3	30
19/01/01	2,9	17	10,8	86	3,6	69	2,2	13	5,0	38
02/02/01	2,3	13	16,7	39	3,6	21	2,7	19	5,7	26
16/02/01	1,8	20	15,2	43	2,1	15	2,9	14	5,6	14
09/03/01	5,2	23	14,5	45	3,8	19	2,9	14	5,3	16
23/03/01	1,5	12	13,5	36	3,1	21	2,8	15	5,41	38
06/04/01	3,5	22	7,2	13	2,3	10	2,7	4	5,40	32
20/04/01	2,4	8	11,5	37	3,2	11	1,2	9	5,2	32
04/05/01	3,3	5	9,9	19	3,0	8	1,0	2	4,1	23
18/05/01	10,3	30	13,0	34	1,6	7	1,0	7	3,6	14
02/06/01	20,8	-	15,1	-	1,0	-	1,7	-	3,8	-
15/06/01	11,9	-	9,1	-	1,0	-	0,9	-	3,0	-
29/06/01	7,1	-	10,3	-	2,1	-	0,7	-	2,7	-
13/07/01	10,4	-	18,8	-	2,9	-	1,5	-	2,9	-
10/08/01	12,0	-	16,6	-	3,1	-	1,5	-	4,8	-
30/08/01	25,5	-	16,4	-	2,2	-	1,5	-	5,5	-
14/09/01	21,9	-	19,2	-	5,1	-	1,2	-	7,8	-
27/09/01	21,9	-	19,5	-	4,7	-	1,8	-	7,8	-
18/10/01	0,9	-	16,8	-	2,9	-	1,4	-	6,6	-
01/11/01	1,0	2	6,8	18	4,7	17	1,2	12	3,1	10
22/11/01	4,6	11	19,8	45	4,9	19	1,5	13	1,7	7
06/12/01	17,9	41	16,0	55	5,2	22	-	4,0	-	-

O Quadro 10 apresenta para a concentração de DBO e DQO, os valores máximos e mínimos e a média aritmética para cada ponto de coleta no ano de 2001, para as coletas realizadas no período de 05/01/2001 a 06/12/2001.

Quadro 10 – Concentração de DBO e DQO, valores máximos e mínimos e média aritmética para o ano de 2001.

	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
Máximo	25,5	41	19,8	86	5,2	69	2,9	19	7,8	38
Mínimo	0,9	2	6,8	13	0,9	7	0,7	2	1,7	7
Média	8,72	9,5	13,9	38	3,1	19,2	1,6	10,9	8,3	23,3

As Figuras 37, 38, 39, 40 e 41 apresentam os gráficos da DBO e DQO para os Ponto 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente. As falhas nas curvas de DQO devem-se a problemas técnicos ocorridos no Laboratório durante o período de coleta.

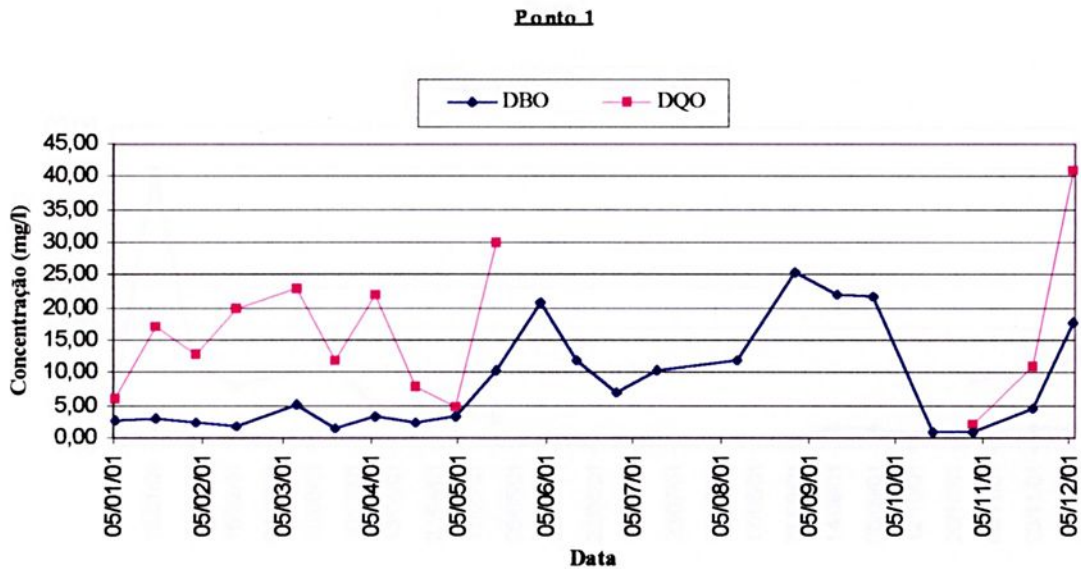


Figura 37 – Curva da concentração de DBO e DQO para amostra do Ponto 1, ano 2001.

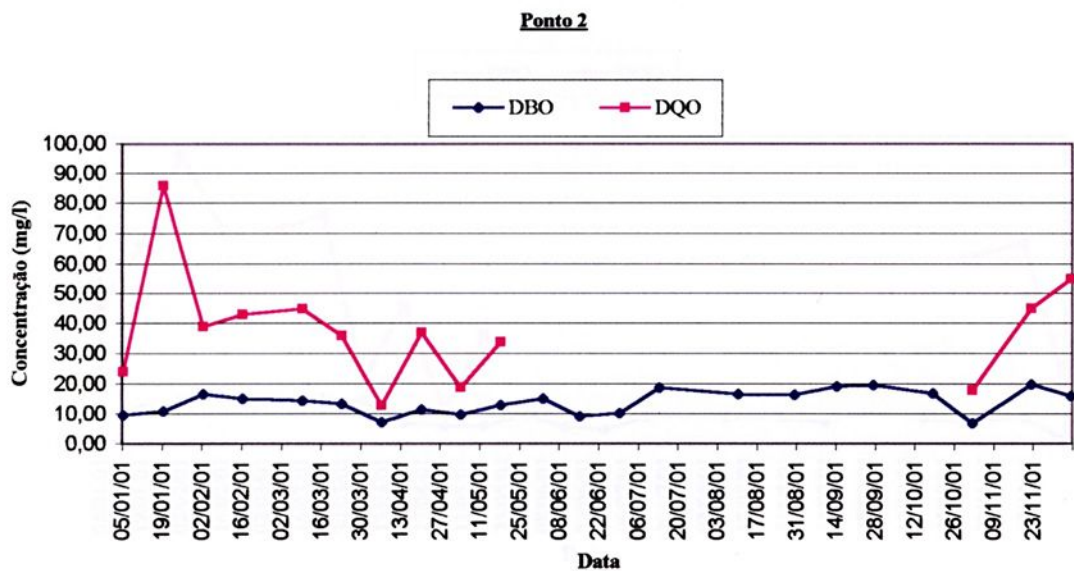


Figura 38 – Curva da concentração de DBO e DQO para o Ponto 2, ano 2001.

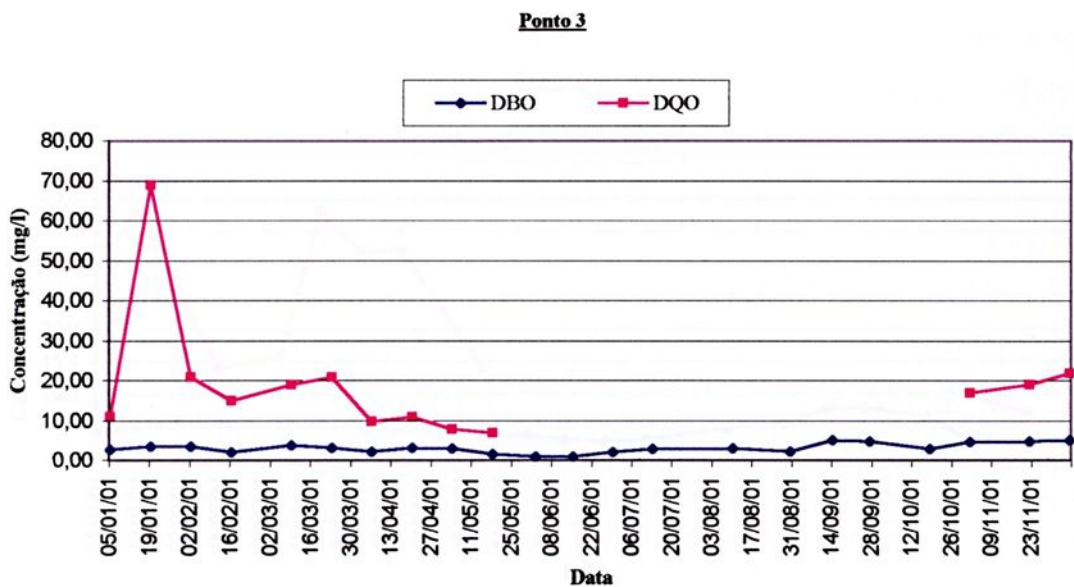


Figura 39 – Curva da concentração de DBO e DQO para o Ponto 3, ano 2001.

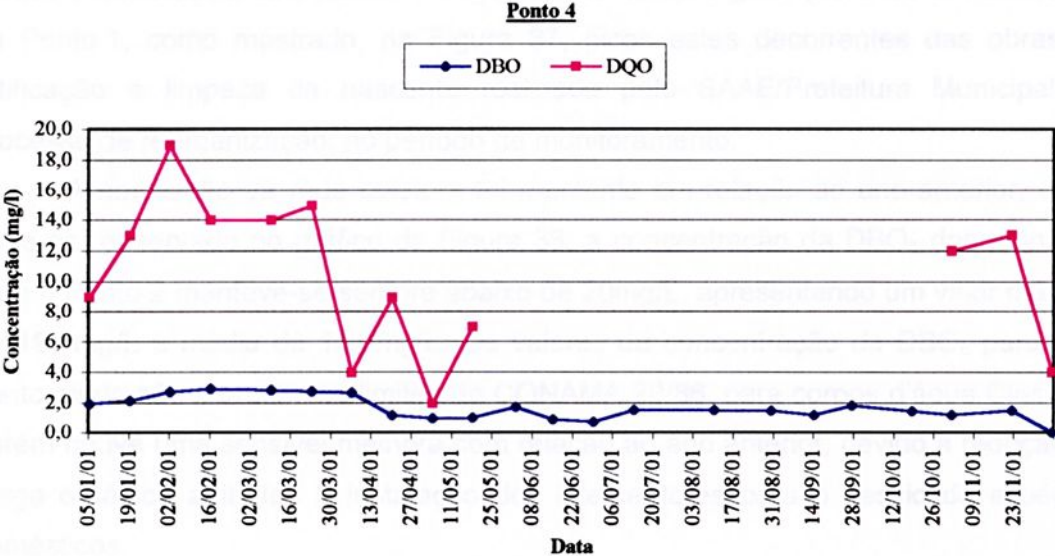


Figura 40 – Curva da concentração de DBO e DQO para o Ponto 4, ano 2001.

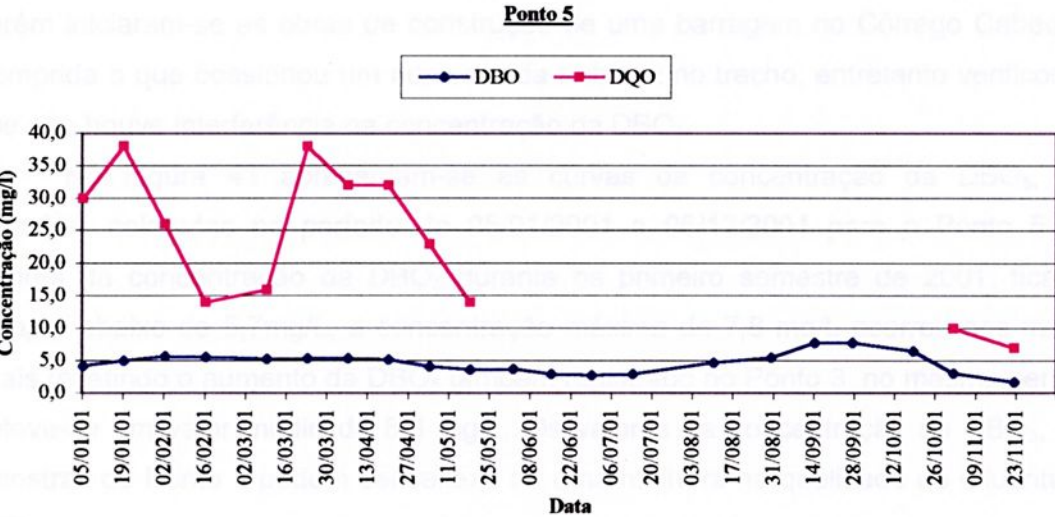


Figura 41 – Curva da concentração de DBO e DQO para o Ponto 5, ano 2001.

No ano de 2001, a DBO foi reduzida significativamente em todos os pontos monitorados. Entretanto, observaram-se ainda alguns picos de concentração no Ponto 1, como mostrado, na Figura 37, picos estes decorrentes das obras de retificação e limpeza da nascente realizada pelo SAAE/Prefeitura Municipal no processo de reurbanização, no período de monitoramento.

A ampliação da rede coletora foi marcante em relação ao ano anterior, como pode ser observado no gráfico da Figura 38, a concentração da DBO_5 das amostras para o Ponto 2 manteve-se sempre abaixo de 20mg/L, apresentando um valor máximo de 19,8mg/L e média de 13,9mg/L. Os valores da concentração da DBO_5 para este ponto ainda não atendem os limites do CONAMA 20/86, para corpos d'água Classe 3, porém houve uma sensível melhora com relação ao ano anterior, devido a redução da carga orgânica atribuída a instalação dos interceptores para o desvio de efluentes domésticos.

Analisando-se o gráfico da Figura 39, verifica-se que os valores da concentração da DBO_5 para amostras do Ponto 3 mantiveram-se abaixo de 3,6mg/L durante a maior parte do ano, com média de 3,1mg/L, o aumento da concentração ocorreu nos meses finais devido ao período das cheias, alcançando o valor máximo de 5,2mg/L.

As obras na rodovia próximas ao Ponto 4 foram finalizadas neste período, porém iniciaram-se as obras de construção de uma barragem no Córrego Cabeceira Comprida o que ocasionou um aumento da turbidez no trecho, entretanto verificou-se que não houve interferência na concentração da DBO_5 .

Na Figura 41 apresentam-se as curvas da concentração da DBO_5 , das amostras coletadas no período de 05/01/2001 a 06/12/2001 para o Ponto 5. Os valores da concentração da DBO_5 durante os primeiro semestre de 2001, ficaram sempre abaixo de 5,7mg/L, a concentração máxima de 7,8 mg/L ocorreu nos meses finais refletindo o aumento da DBO_5 também registrado no Ponto 3, no mesmo período obteve-se um valor médio de 8,3 mg/L. Os valores da concentração da DBO_5 , das amostras do Ponto 5 podem ser reflexo de uma melhora na qualidade do efluente da ETE.



5.2.3 Etapa 3 – 10/01/2002 a 21/06/2002

No primeiro semestre de 2002 a DBO₅ sofreu redução ainda maior. Os valores da concentração de DBO₅ e DQO são apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 – Valores da concentração de DBO e DQO no período 10/01/2002 a 21/06/2002.

Data	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
10/01/02	4,2	4	13,6	23	3,7	13	1,1	4	4,3	23
24/01/02	3,4	4	6,5	23	0,9	13	2,6	4	3,0	23
07/02/02	3,4	11	20,6	50	2,8	20	1,5	12	-	-
14/03/02	0,4	9	4,7	23	1,0	17	0,2	9	2,2	22
11/04/02	1,7	3	2,3	21	3,7	12	1,3	9	5,2	24
25/04/02	2,6	9	5,6	24	3,8	13	1,9	9	6,3	28
09/05/02	4,4	7	19,2	49	3,1	14	1,9	9	4,2	18
23/05/02	5,0	6	21,2	23	4,6	6	3,1	8	6,7	15
06/06/02	2,3	5	6,7	7	3,1	3	1,9	9	5,0	17
21/06/02	2,2	6	4,7	15	2,2	10	0,8	11	4,6	35

O Quadro 12 apresenta para a concentração de DBO₅ e DQO, os valores máximos e mínimos e a média aritmética para cada ponto de coleta no ano de 2002, no período de 10/01/2002 a 21/06/2002.

Figura 42 – Gráfico de variação de DBO₅ e DQO para o Ponto 1, ano 2002.

Quadro 12 – Concentração de DBO e DQO, valores máximos e mínimos e média aritmética para o período 10/01/2002 a 21/06/2002.

	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
Máximo	5,0	11	21,2	50	4,6	20	3,1	12	6,7	35
Mínimo	0,4	3	2,3	7	0,9	3	0,2	4	2,2	15
Média	2,9	6,4	10,5	25,8	2,9	12,2	1,64	8,4	4,6	22,8

Nas Figuras 42, 43, 44, 45 e 46, apresentam-se os gráficos da concentração da DBO₅/DQO x Data, para os pontos de amostragem.

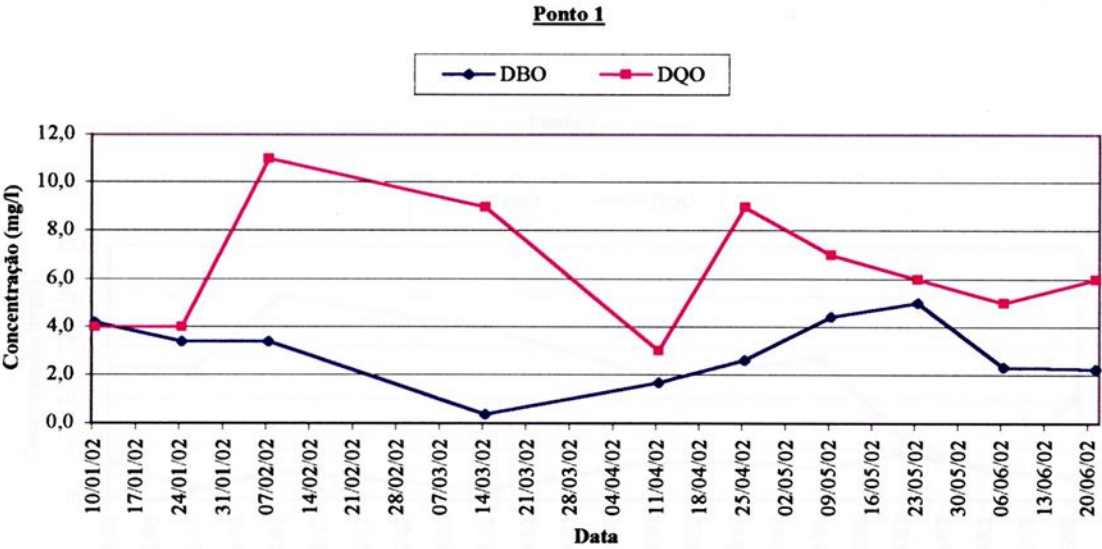


Figura 42 – Curva da concentração de DBO₅ e DQO para o Ponto 1, ano 2002.

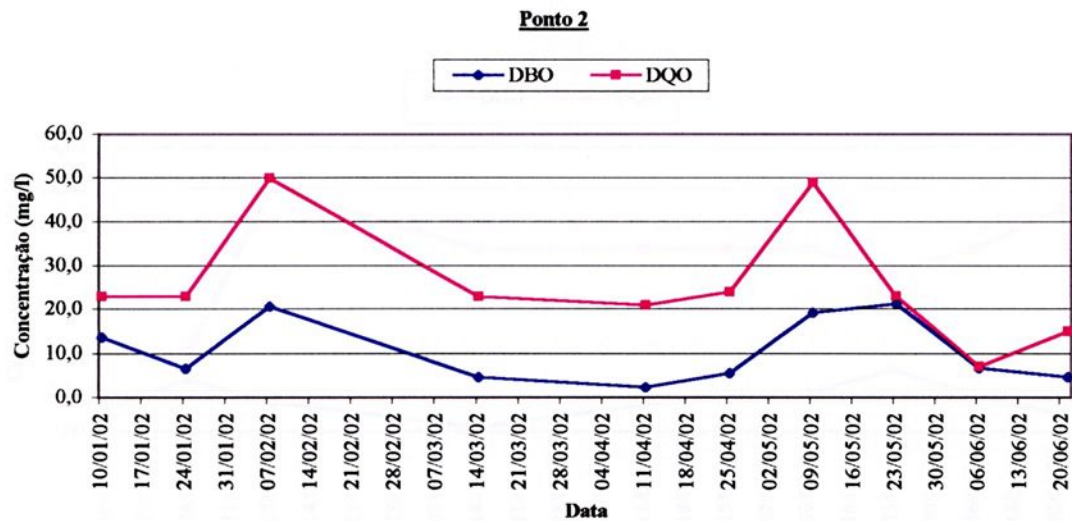


Figura 43 – Curva da concentração de DBO₅ e DQO para o Ponto 2, ano 2002.

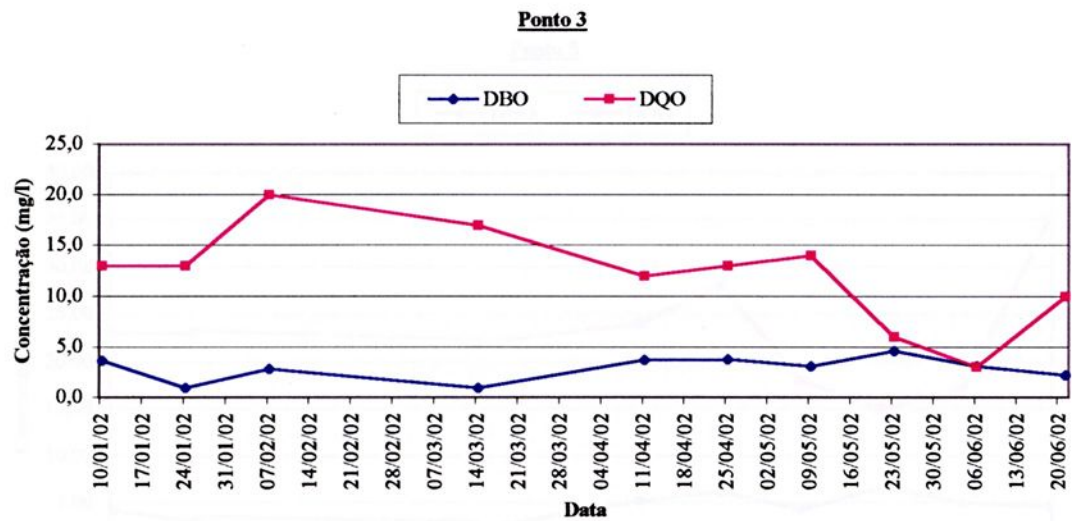


Figura 44 – Curva da concentração da DBO₅ e DQO para o Ponto 3, ano 2002.

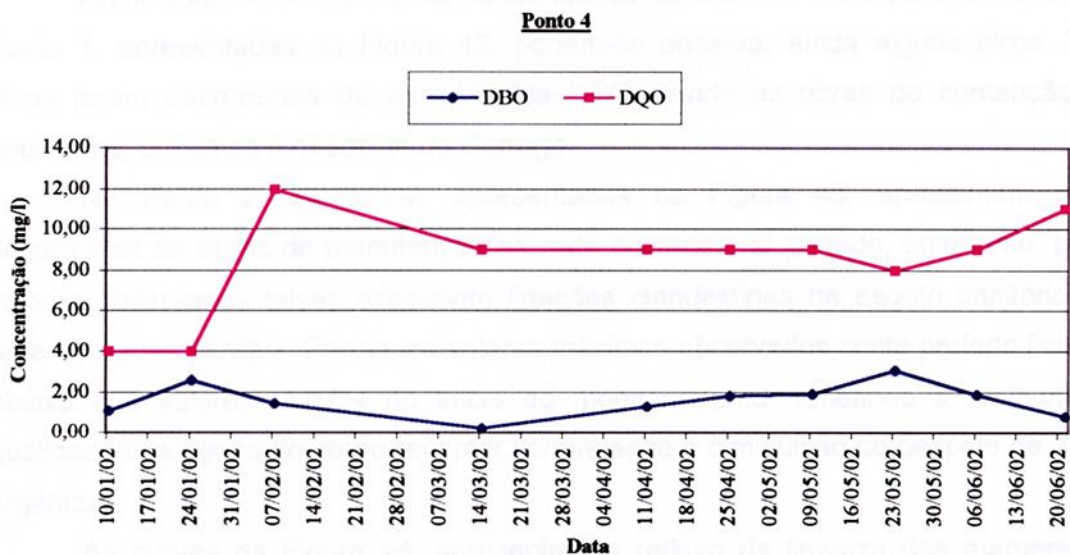


Figura 45 – Curva da concentração da DBO₅ e DQO para o Ponto 4, ano 2002.

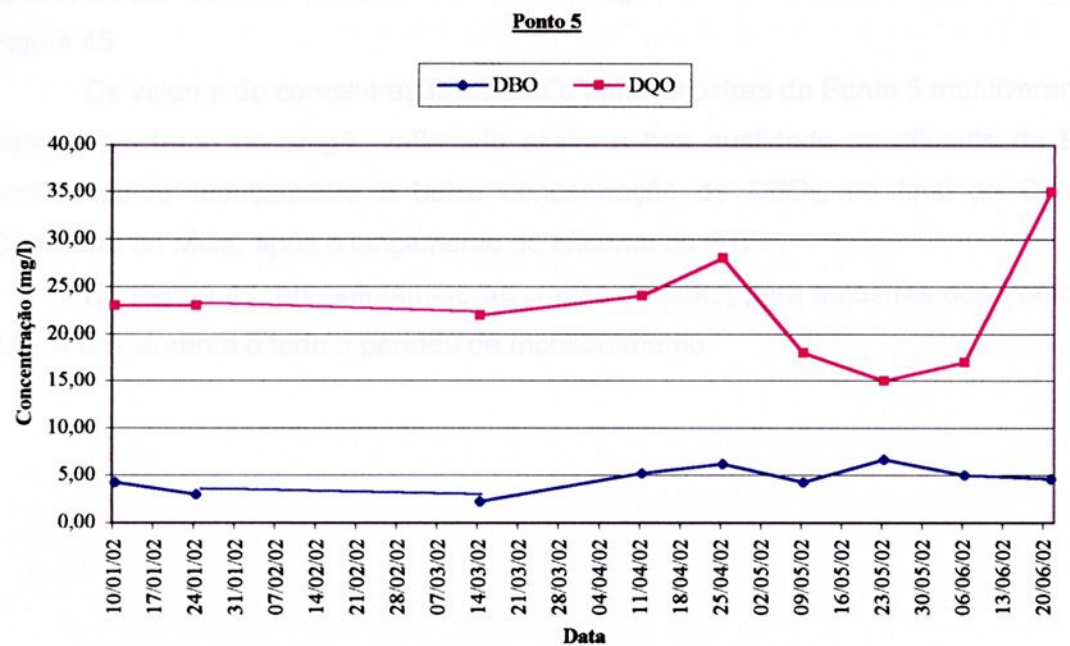


Figura 46 – Curva da concentração da DBO₅ e DQO para o Ponto 5, ano 2002.

Analisando-se as curvas da concentração da DBO_5 e DQO para amostras do Ponto 1, apresentadas na Figura 42, podem-se observar ainda alguns picos. Tais picos foram decorrentes do aumento da DBO devido às obras de contenção de enchentes, próximas à nascente do Córrego.

No Ponto 2, as curvas apresentadas na Figura 43, apresentam picos decorrentes de obras de manutenção na rede ocorridas no período, entretanto, pelos valores observados talvez existissem ligações clandestinas de esgoto sanitário em rede de águas pluviais. Porém, os valores máximos observados neste período ficaram abaixo dos valores obtidos no início do monitoramento, refletindo a melhora da qualidade das águas do corpo receptor com relação à diminuição do despejo de carga orgânica.

As curvas da Figura 44, apresentam o reflexo da limpeza das margens do Córrego próximo ao Ponto 3. Contudo, a concentração da DBO_5 neste período para amostras do Ponto 3, ficou sempre abaixo de 4,6mg/L. Ficando 50% abaixo do valor limite permitido pela resolução do CONAMA 20/86 para cursos d'água Classe 3.

Com a finalização das obras próximas a captação de água de abastecimento, a concentração da DBO_5 das amostras do Ponto 4 permaneceu com valores baixos. Não apresentando valores maiores do que 3,1mg/L, como mostrado nas curvas da Figura 45.

Os valores da concentração de DBO_5 para amostras do Ponto 5 mantiveram-se baixos, em torno de 5mg/L, refletindo assim a boa qualidade do efluente da ETE, verificando-se teoricamente a baixa concentração de DBO_5 , no final do Córrego Cabeceira da Mula, após o lançamento do efluente da ETE.

Na Figura 47, apresentam-se as curvas da DBO_5 para amostras dos Pontos 1, 2, 3, 4 e 5, durante o todo o período de monitoramento.

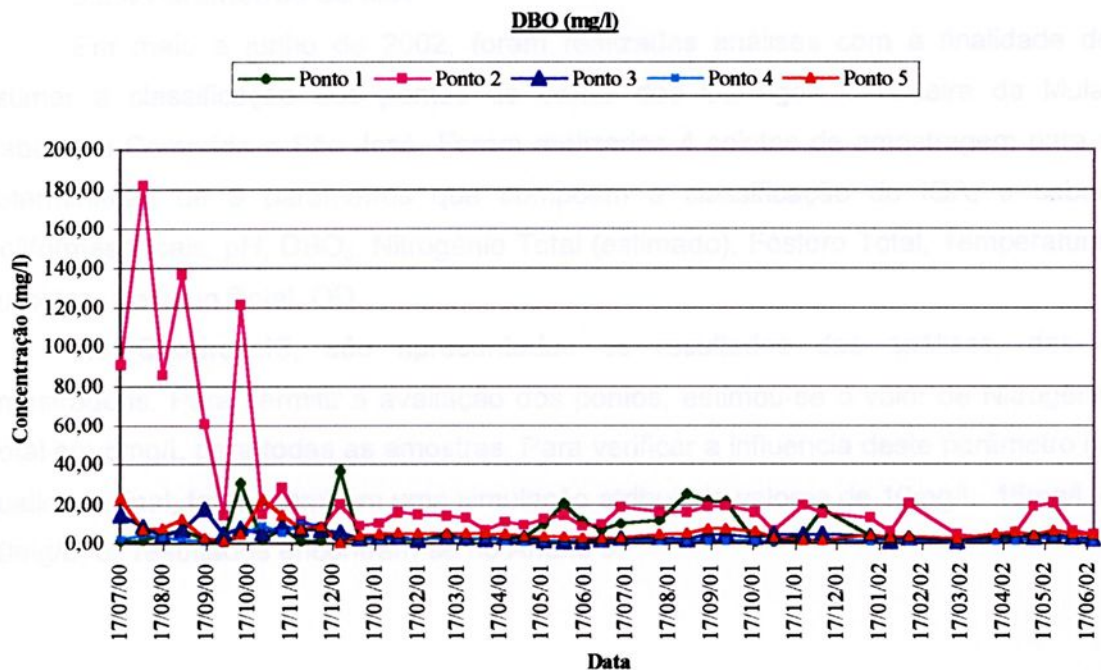


Figura 47 – Curva de evolução da DBO5 nos pontos de amostragem.

Na Figura 48, apresentam-se as curvas de DQO para amostras de todos os pontos de coleta. A falha observada nas curvas deveu-se a não realização das análises das amostras nesse intervalo, por problemas técnicos ocorridos no laboratório.

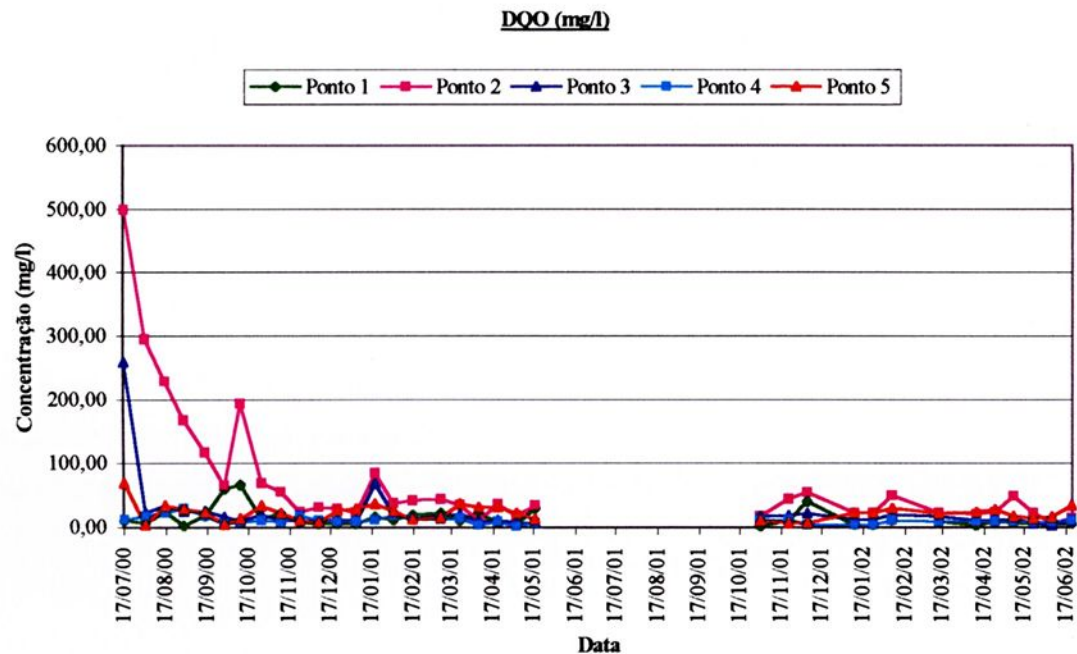


Figura 48 – Curvas de evolução da DQO nos pontos de amostragem.

5.2.4 Parâmetros do IQA

Em maio e junho de 2002, foram realizadas análises com a finalidade de estimar a classificação dos pontos de coleta dos Córregos Cabeceira da Mula, Cabeceira Comprida e São José. Foram realizadas 4 coletas de amostragem para a determinação de 9 parâmetros que compõem a classificação do IQA, a saber: Coliformes fecais, pH, DBO₅, Nitrogênio Total (estimado), Fósforo Total, Temperatura, Turbidez, Resíduo Total, OD.

No Quadro 13, são apresentados os resultados das análises, das 4 amostragens. Para permitir a avaliação dos pontos, estimou-se o valor de Nitrogênio Total em 5mg/L para todas as amostras. Para verificar a influencia deste parâmetro na qualidade final, fez-se também uma simulação atribuindo valores de 10mg/L, 15mg/L e 20mg/L, os resultados encontram-se no Anexo 3.

A partir destes resultados, foi estimado o IQA para os pontos de coleta. Para tanto, foi utilizada a equação 10, as Curvas de Qualidade de Variação de Qualidade das Águas apresentadas em Figuras 2 e 3 e o Quadro 5 com os Índices de Qualidade de Água. A estimativa do IQA para os pontos de coleta é apresentada no Quadro 14.

Quadro 13 – Resultados das análises dos parâmetros para estimativa do IQA.

Pontos	Coliformes Fecais (NMP)	pH	DBO (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Fósforo Total (mg/l)	T (°C)	Turbidez (NTU)	Resíduo Total (mg/l)	OD
09/05/2002									
1	1000	6,31	4,43	5	0,68	26,5	12,3	184	4,8
2	2100	7,45	19,19	5	0,38	25,8	4,6	284	4,8
3	7800	7,04	3,07	5	0,55	22,4	24	268	5,57
4	6600	6,7	1,94	5	0,43	24,7	28,7	232	2,11
5	7500	6,73	4,24	5	1,62	23,9	26,2	172	3,27
23/05/2002									
1	7700	6,60	4,99	5	0,75	25,5	11,6	192	4,8
2	6100	7,45	21,16	5	1,83	25,8	4,5	232	7,7
3	4000	7,30	4,62	5	0,43	19,9	21,3	244	6,15
4	2900	6,95	3,0	5	0,99	22,6	24,1	179	3,26
5	2400	7,13	6,71	5	0,64	21,6	22,6	228	4,61
06/06/2002									
1	0	6,55	2,31	5	0,70	25,4	10,2	416	5,76
2	1600	7,05	6,72	5	0,98	24,8	5,1	64	5,77
3	400	7,21	3,09	5	0,52	19,5	21,7	52	7,30
4	0	6,60	1,93	5	0,24	20,4	26,4	620	3,07
5	400	7,02	4,99	5	2,16	20,1	24,3	412	6,15
21/06/2002									
1	1600	6,25	2,23	5	0,79	22,9	11,9	104	5,55
2	8000	6,80	4,66	5	0,82	23,9	4,4	168	5,74
3	1400	7,28	2,23	5	0,57	18,8	20,1	168	6,48
4	0	6,80	0,81	5	0,38	19,2	27,8	164	2,96
5	10	7,15	4,63	5	2,96	19,3	24	166	4,44

A partir destes resultados foi estimado o IQA para os pontos de coleta. Para tanto foi utilizada a equação (8), as Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas apresentadas como Figura 6 e o Quadro 5 com os Índices de Qualidade da Água. A estimativa do IQA para os pontos de coleta é apresentada no Quadro 14.

Quadro 14 – Estimativa do IQA. para os pontos de coleta

Pontos	IQA	Classificação (por ponto)	IQA médio
09/05/2002			
1	59	Boa	47,2 aceitável
2	42	Aceitável	
3	43	Aceitável	
4	52	Aceitável	
5	40	Aceitável	
23/05/2002			
1	44	Aceitável	43,8 aceitável
2	37	Aceitável	
3	42	Aceitável	
4	51	Aceitável	
5	45	Aceitável	
06/06/2002			
1	58	Boa	56,2 boa
2	50	Aceitável	
3	54	Boa	
4	66	Boa	
5	53	Boa	
21/06/2002			
1	52	Boa	51,8 boa
2	45	Aceitável	
3	53	Boa	
4	62	Boa	
5	47	Aceitável	

De acordo com a resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, o Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, classifica, segundo seus usos, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, desta forma o Córrego Cabeceira da Mula é classificado como Classe 3 e estabelecidas as seguintes condições: para a classe 3 o NMP de Coliformes Fecais é de até 4.000/100mL, portanto, na primeira quinzena do mês de Maio, os Pontos 3, 4 e 5, registraram números acima do estabelecido. A situação se inverte na segunda quinzena, ficando acima do limite os Pontos 1 e 2.

A concentração da DBO5 pode apresentar valores de até 10mg/L. No Ponto 2 a DBO ficou acima do permitido no mês de maio, porém no mês de junho houve melhora ficando dentro do limite estabelecido.

O OD segundo o Decreto 88.351, em qualquer amostra, não deve ser inferior a 4 mg/L, mas no Ponto 4 os valores encontrados ficaram abaixo do limite em todas as amostras, talvez devido a construção de mais uma represa de acumulo de água para captação, estes valores refletiram na qualidade do Ponto 5 na primeira quinzena de maio.

De acordo com o IQA, a classificação dos pontos de coleta no período entre 09/05/2002 e 26/09/2002 variou entre aceitável e boa. Fez-se uma simulação do IQA com dados de DBO obtidos no início da campanha de monitoramento entre o período de 17/07/2002 e 30/08/2002, na qual verificou-se que a maioria dos pontos de coleta teve classificação Ruim no período. Porém, o fato do trecho de um Córrego estar enquadrado em determinada classe, não significa que esse seja o nível de qualidade adequado, mas sim, buscar sempre a melhora da qualidade da água do corpo receptor ou manter os níveis mais adequados ao longo do tempo.

O Córrego ainda sofre as consequências da deposição dos resíduos sólidos em seu leito, resultando em aumento de turbidez e redução da capacidade de infiltração da água no solo, além da degradação da qualidade da água e do ambiente, como mostrado na Figura 19 do item 5.1.

Em época de chuvas fortes, o Córrego ainda recebe muitos detritos orgânicos no leito, carregados pela enxurrada e depositados em seu leito, como mostrado na Figura 20 do item 5.1.

Os resultados do monitoramento apresentado para o ano de 2000, 2001 e 2002, para o Ponto 2 de amostragem na respectiva área, pode-se notar que a concentração de DBO foi reduzida, passando no Ponto 2, passando de valores acima de 10mg/L para valores de 2mg/L.

No Ponto 1, próximo ao nascente do Córrego Cabeceira da Mula, a área de proteção e conservação da mata está sendo mantida com o objetivo de preservar a qualidade da água e o ambiente.

6. Conclusão

A falta de Tratamento de Esgoto, em parte, da cidade de Santa Fé do Sul, degradava o Córrego Cabeceira da Mula desde a sua nascente até a confluência do Córrego Cabeceira Comprida e posteriormente, como Córrego São José até a represa de Ilha Solteira.

Com a execução do interceptor e a construção da ETE em meados de 2000, notou-se, em curto espaço de tempo, uma transformação física e visual do corpo receptor que recebia esgoto *in natura*. Deixou de ter os aspectos e odores característicos de corpos d'água poluídos, observados antes da implantação do sistema de saneamento, transformando-o em um corpo d'água com vida, verificado pela presença de pequenos peixes em alguns trechos ao longo do curso d'água.

O Córrego ainda sofre as consequências da degradação dos resíduos acumulados em seu leito, resultantes do lançamento de detritos provenientes da ocupação humana, acarretando a degradação do aspecto visual, odor característico de corpos d'água degradados e a deterioração do meio ambiente, como mostrado na Figura 19 do item 5.1.

Em época de chuvas intensas, o Córrego ainda recebe muitos detritos, orgânicos ou não, carregados pela enxurrada e depositados em seu leito, como observado na Figura 30 do item 5.1.

Os resultados do monitoramento apresentados para o ano de 2000, 2001 e 2002, para cada ponto de amostragem no respectivo ano, pode-se notar que a concentração de DBO foi reduzida, principalmente no Ponto 2, passando de valores acima de 180mg/L para menos de 20mg/L.

No Ponto 1, praticamente na nascente do Córrego Cabeceira da Mula, a área foi submetida a um projeto de reurbanização com obras de retificação e melhoramento



no aspecto ocupacional. Durante esta fase de obra, observou-se a variação da concentração da DBO, de valores abaixo de 2mg/L para valores que oscilaram até em torno de 35mg/L. Porém, devido a pouca vazão neste ponto, as oscilações da concentração de DBO parecem não ter afetado significativamente os resultados nos pontos subseqüentes.

A melhora no Ponto 2 durante o monitoramento, deve-se principalmente a instalação dos interceptores, notou-se melhora no aspecto visual. Pelos valores observados neste ponto, certamente ainda existem ligações clandestinas de esgoto sanitário em rede de águas pluviais, o que impede uma melhora ainda mais significativa do corpo receptor no referido ponto.

No Ponto 3, a montante do lançamento do efluente da ETE, antes das obras do interceptor, a carga orgânica das amostras coletadas no local eram próximas a 20mg/L, os valores finais apresentados foram inferiores a 5mg/L, e em grande parte das amostras abaixo de 3mg/L, indicando o ganho ambiental que a obra do interceptor conferiu ao corpo receptor.

No Ponto 5, a jusante do lançamento do efluente da ETE, antes da implantação da ETE, os valores eram equivalentes aos valores do Ponto 3, em torno de 20mg/L, mas após a implantação da ETE, os valores ficaram próximos a 5mg/L.

Os resultados apresentados, para o monitoramento de DBO/DQO e para as análises dos parâmetros para estimativa do IQA, demonstraram que com a instalação da ETE e dos interceptores houve uma sensível melhora na qualidade da água do Córrego Cabeceira da Mula, tanto no aspecto visual como na estimativa do IQA, o Córrego apresentou tendência de melhora.

A recuperação do Córrego Cabeceira da Mula, foi monitorada desde o início da implantação da ETE, com os dados obtidos para a concentração de DBO pôde-se observar que o principal problema que contribui para a degradação da qualidade da água tem origem no lançamento de efluente doméstico no corpo receptor.

Os Recursos Hídricos de qualidade são finitos, pois a água para consumo humano torna-se cada vez mais escassa, os rios e lagos vêm sendo comprometidos pela degradação da qualidade da água disponível.

Esse problema vem atingindo os principais corpos d'águas e como recomendação, faz-se necessário, uma educação e conscientização em todos os níveis sociais no intuito de preservar a qualidade da água doce sendo isto uma questão de urgência, para manter e preservar a qualidade dos Recursos Hídricos para as futuras gerações.



7. Recomendações

Para realização de trabalhos de monitoramentos ambientais similares recomenda-se que se estabeleça uma rotina de trabalho de coleta de amostras ou se crie um posto de monitoramento fixo para análise dos parâmetros necessários.

Os pontos de amostragem devem ser previamente avaliados evitando-se, desta maneira, dificuldades nas coletas de amostras em determinados períodos do ano.

O monitoramento da vazão do corpo d'água deve ser realizado juntamente com a coleta de amostras com dispositivos apropriados de medição em cada ponto.

Os parâmetros necessários para a determinação do IQA devem ser analisados rotineiramente durante o monitoramento para avaliar a evolução da qualidade do corpo d'água.



8. Referências bibliográficas

ÁGUA-DESAFIO, www.aloescola.com.br/ciencias, março/2002

AQUAONLINE, www.aquaonline.com.br, fevereiro/2002

BARROS, R. T. de V. et al. *Manual de saneamento a proteção ambiental para municípios*. 2 ed. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.

BESSA, M.R.M. *Qualidade e Monitoramento da Água em Recursos Hídricos*. www.ufrgs.br/iph/simpósio, fevereiro/2002

BIOTAONLINE, www.geocities.com/biotaonline, janeiro/2002.

BOJADSEN, M.I. e RENARD, M. *Manual do Rio Tietê*. São Paulo, ed. 5 elementos, 1997. 68p.

BROCH, S. A. O. *Gerenciamento de Recursos Hídricos no Mato Grosso do Sul*. Tema V – Calidad, Conservacion y Gerenciamiento de Recursos Hídricos. In: XXVI Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria e Ambiental, 2000, Porto Alegre. Cd... Porto Alegre: ABES – R.S., 2000, V-078.

BRANCO, S. M. *Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária*. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 3ed. 640p.



BRANCO, S. M. *Água: origem, uso e preservação*. São Paulo, ed. Moderna, 1993. 71p.

CAESB, www.caesb.df.gov.br ,junho/2002

CASTRO, A. D. et al. *Desenvolvimento Sustentado: Problemas e estratégias* – ed. Elisabete Gabriela Castellano, Fazal Hussain Chaudhry; São Carlos: EESC – USP, 2000. 360p

CETESB, www.cetesb.sp.gov.br , fevereiro/2002

CETESB, São Paulo. *Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2000/CETESB*. São Paulo: CETESB, 2001. v1: 214p.

DAEE, www.daee.sp.gov.br , fevereiro/2002

DORST, J. *Antes que a natureza morra: por uma ecologia política*. São Paulo, ed. Edgard Blücher, 1973. 394p.

DEBERDT, A. J. *Análise da Água*. www.educar.sc.usp.br/prociencias/qagua.htm, fevereiro/2002

FEPAM, www.fepam.rs.gov.br , maio/2002

LEAL, M. S. *Gestão Ambiental de Recursos Hídricos: princípios e aplicações*. Rio de Janeiro: CPRM/ANEEL, 1998 176p.

MOTA, S. *Introdução à engenharia ambiental*. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 280p.

OLIVEIRA, K. W. et al. *Qualidade e conservação da água, o paradigma de um futuro imediato*. Tema V – Calidad, Conservacion y Gerenciamiento de Recursos Hídricos. In: XXVI Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria e Ambiental, 2000, Porto Alegre. Cd ... Porto Alegre: ABES – R.S., 2000, V-81.



PHILIPPI Jr, A. et al. *Município e Meio Ambiente: Perspectivas para a Municipalização da Gestão Ambiental no Brasil* – São Paulo: Associação Nacional de municípios e Meio Ambiente, 1999. 201p

PINHEIRO, A. et al. *Uso de imagens orbitais no monitoramento da turbidez e sólidos em rios*. Tema V – Calidad, Conservacion y Gerenciamiento de Recursos Hídricos. In: XXVI Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria e Ambiental, 2000, Porto Alegre. Cd ... Porto Alegre: ABES – R.S., 2000, V-41.

PORTO, R. L. L. et al. *Técnicas quantitativas para o gerenciamento de Recursos Hídricos*. 1 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade – UFRGS/ Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. 419p.

PORTO, R. L. L. et al. *Hidrologia Ambiental*. Coleção ABRH de recursos Hídricos, Vol. 3 São Paulo: Epusp/Abrh, 1991. 414p.

PRADO, R.B. *Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água: Estudo no Médio Rio Pardo – SP (período de 1995 a 1997)*. 1999. 209p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PROGUAIBA, www.proguaiba.rs.gov.br, janeiro/2002

ROIG, G. *La importância de la Educacion Ambiental*. In: REVISTA INTERAMERICANA: Ambiente y Saneamiento, vol.4, nº10, Buenos Aires. AIDIS - Argentina, 2000/2001. p.8-13

von SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2 ed. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1996. 243p.

SOARES OLIVEIRA, www.soaresoliveira.br/projetoagua/guaiba.html, maio/2002

STAUDINGER, H. H. *Poluição Das Águas*. www.agersa.cachoeiro.es.gov.br, fevereiro/2002



TAUK-TORNISIELO, S.M. et al. *Análise Ambiental: estratégias e ações*. 1 ed. Rio Claro: Centro de estudos ambientais – UNESP. 1995a. 381p.

TAUK-TORNISIELO, S.M. et al. *Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar*. 1 ed. Rio Claro: Centro de estudos ambientais – UNESP. 1995b. 206p.

TOMÉ, M.V.F. *Água em quantidade e qualidade*. www.redeambiente.org.br/Temas, fevereiro/2002

UNIAGUA, www.uniagua.org.br/qualidad.htm , fevereiro, 2002

Anexo 1



Anexo 1



- Cálculo para estimativa da distância de mistura completa

O trecho do Córrego que recebe o efluente da ETE, apresenta as seguintes características: largura média igual a 2.0 metros, profundidade igual a 0.5 metros, vazão média igual a 0,194 m³/s e declividade média igual a 5,26x10⁻⁴ m/m.

A distância necessária para a mistura é dada por:

$$L_F = \frac{0,4\bar{u}T^2}{\bar{\varepsilon}_z}$$

onde

$$\bar{u} = \frac{Q}{A} = 0,194 \text{ m/s}$$

$$T = 2 \text{ m}$$

$$\bar{\varepsilon}_z = 2,7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

portanto: $L_F = 115 \text{ m}$

Anexo 2

O quadro abaixo apresenta as condições de armazenamento no dia das coletas no período de 04/06/2000 a 21/09/2002.

Quadro 1 – Condições de armazenamento

04/06/2000	Dia claro com sol. Chovia muito, ventos fortes no Cânion da Mula e alguns rios do encontro com o Cânion da Compadia, a água ficou represada. Utilizamos o tronco para atravessar o córrego.
22/12/2000	Dia claro sem chuva, o tronco ainda estava represado de água acumulando resíduos sólidos.
04/01/2001	Dia claro, sol quente. O tronco continua represando resíduos sólidos e água acumulada.
10/01/2001	Dia claro e quente. Observamos pedras no ponto 1, o tronco já não detém mais água, não o utilizamos mais.
02/02/2001	Dia com chuva, dificuldade para chegar aos pontos 4 e 5.
18/02/2001	Tempo com chuva, ventos fortes. Água fria.
06/03/2001	Dia nublado com chuva, muito frio durante o dia. Dificuldade para coletar nos pontos 4 e 5.
29/03/2001	Tempo frio e sol quente.
10/04/2001	Tempo frio, sem chuva há 5 dias.
20/04/2001	Dia quente, sol forte sem chuva. Resíduos sólidos jogados no ponto 1 e no ponto 2.
09/05/2001	Temperatura 27°C, sem chuva há 10 dias.
18/05/2001	Dia com sol, temperatura baixa, choveu 2 dias antes. Varão usado de madeira e alfinetes em madeira no ponto 1. No ponto 4 varão e alfinetes de madeira e varão plástico obstruindo a passagem da água.
02/06/2001	Dia com sol, calor, sem chuva há 4 dias.
10/06/2001	Dia claro, não chovendo mais meses.
29/06/2001	Dia fresco e sol. Choveu há 2 dias.
13/07/2001	Dia nublado, quente. Choveu a noite.
11/08/2001	Dia claro e sol.
30/08/2001	Tempo nublado, choveu no 1 anterior.
14/09/2001	Dia quente, claro sem chuva.
21/09/2001	Tempo nublado e fresco, choveu a noite.

Anexo 2

O quadro abaixo apresenta as condições de amostragem na data das coletas no período de 08 /12/2000 a 21/06/2002

Quadro 1 – Condições de amostragem

08/12/2000	Dia claro com sol. Chuva a noite, derrubou árvore no Córrego da Mula a alguns metros do encontro com o Cabeceira Comprida, a água ficou represada. Utilizamos o tronco para atravessar o córrego.
22/12/2000	Dia claro sem chuva, o tronco ainda obstrui passagem da água acumulando resíduos sólidos.
05/01/2001	Dia claro, sol quente. O tronco continua represando resíduos sólidos trazidos pela enxurrada.
19/01/2001	Dia claro e quente. Observamos peixinhos no ponto 1, o tronco já não detém resíduos, não o utilizamos mais.
02/02/2001	Dia com chuva, dificuldade para chegar aos pontos 4 e 5.
16/02/2001	Tempo com chuva, nublado. Garoa fina.
09/03/2001	Dia nublado com chuva, quarto dia chovendo. Dificuldade para coletar nos ponto 4 e 5.
23/03/2001	Tempo limpo e sol quente.
06/04/2001	Tempo limpo, sem chuva há 5 dias.
20/04/2001	Dia quente, semana sem chuva. Resíduos sólidos jogados no ponto 1 e no ponto 2
04/05/2001	Temperatura amena, sem chuva há 10 dias.
18/05/2001	Dia com sol, temperatura baixa, choveu 2 dias antes. Vazão acima do normal e sólidos em suspensão no ponto 1. No ponto 4 vazão acima do normal e vegetação obstruindo a passagem da água.
02/06/2001	Dia com sol, calor, sem chuva há 4 dias.
15/06/2001	Dia claro, não choveu ainda este mês.
29/06/2001	Dia fresco e sol. Choveu há 2 dias.
13/07/2001	Dia nublado, quente. Choveu a noite.
10/08/2001	Dia claro e sol.
30/08/2001	Tempo nublado, chove há 1 semana.
14/09/2001	Dia quente, claro sem chuva.
27/09/2001	Tempo nublado e fresco, choveu a noite.

18/10/2001	Céu claro choveu no dia anterior.
01/11/2001	Céu claro, semana sem chuva. Vazão acima do normal no ponto 4.
22/11/2001	Dia com céu claro, quente, choveu a 2 dias. Não estava recebendo efluente da ETE. O ponto 3 estava turvo e no ponto 4 a vazão era acima do normal.
06/12/2001	Semana com chuva, dificuldade para coletar no ponto 5. O ponto 1 e o ponto 2 apresentavam bastante material em suspensão e vazão acima do normal. Não foi possível chegar ao ponto 4 e ponto 5 para fazer a coleta.
10/01/2002	Dia nublado e chuvoso, choveu a noite toda
24/01/2002	Dia claro quente sem chuva a 2 dias.
07/02/2002	Dia com chuva, nublado. Choveu bastante durante a noite não foi possível chegar até o ponto 5 para fazer a coleta.
14/03/2002	Dia claro, sol forte, muito calor.
11/04/2002	Dia claro muito quente
25/04/2002	Dia claro, não choveu o mês todo.
09/05/2002	Dia nublado, sem chuva, choveu a noite.
23/05/2002	Dia claro, sol, temperatura baixa.
06/06/2002	Dia claro e frio.
21/06/2002	Dia claro, sol, temperatura baixa.

Nos quadros a seguir apresentam-se as simulações do IQA, para os pontos de coleta no Córrego Cabeceira da Mela, com diferentes concentrações para o Nitrogênio Total.

Quadro 2 - Simulação do IQA com Nitrogênio Total = 10 mg/l

Pontos	IQA	Classificação (por ponto)	IQA médio
05/05/2002			
1	57	Bom	42,6
2	50	Aceitável	
3	42	Aceitável	
4	60	Aceitável	
5	33	Aceitável	
23/05/2002			
1	43	Aceitável	42,6
2	35	Bom	
3	41	Aceitável	
4	45	Aceitável	
5	64	Aceitável	
05/06/2002			
1	55	Bom	52,6
2	48	Aceitável	
3	54	Bom	
4	54	Bom	
5	51	Aceitável	
21/06/2002			
1	51	Aceitável	50,6
2	44	Aceitável	
3	51	Aceitável	
4	55	Bom	
5	48	Aceitável	

Anexo 3

Nos quadros a seguir apresentam-se as simulações do IQA, para os pontos de coleta no Córrego Cabeceira da Mula, com diferentes concentrações para o Nitrogênio Total.

Quadro 2 - Simulação do IQA com Nitrogênio Total = 10 mg/l

Pontos	IQA	Classificação (por ponto)	IQA médio
09/05/2002			
1	57	Boa	45,6 aceitável
2	40	Aceitável	
3	42	Aceitável	
4	50	Aceitável	
5	39	Aceitável	
23/05/2002			
1	43	Aceitável	42,6 aceitável
2	36	Ruim	
3	41	Aceitável	
4	49	Aceitável	
5	44	Aceitável	
06/06/2002			
1	56	Boa	54,6 Boa
2	48	Aceitável	
3	54	Boa	
4	64	Boa	
5	51	Aceitável	
21/06/2002			
1	51	Aceitável	50,4 Aceitável
2	44	Aceitável	
3	51	Aceitável	
4	60	Boa	
5	46	Aceitável	

Quadro 3 - Simulação do IQA com Nitrogênio Total = 15 mg/l

Pontos	IQA	Classificação (por ponto)	IQA médio
09/05/2002			
1	56	Boa	45,2 aceitável
2	40	Aceitável	
3	41	Aceitável	
4	50	Aceitável	
5	39	Aceitável	
23/05/2002			
1	42	Aceitável	41,8 aceitável
2	35	Ruim	
3	40	Aceitável	
4	49	Aceitável	
5	43	Aceitável	
06/06/2002			
1	55	Boa	54 Boa
2	48	Aceitável	
3	52	Boa	
4	64	Boa	
5	51	Aceitável	
21/06/2002			
1	50	Aceitável	49,4 Aceitável
2	43	Aceitável	
3	50	Aceitável	
4	59	Boa	
5	45	Aceitável	

Quadro 4 – Simulação do IQA com Nitrogênio Total = 20 mg/L

Pontos	IQA	Classificação (por ponto)	IQA médio
09/05/2002			
1	56	Boa	44,6 aceitável
2	39	Aceitável	
3	41	Aceitável	
4	49	Aceitável	
5	38	Aceitável	
23/05/2002			
1	42	Aceitável	41,4 aceitável
2	35	Ruim	
3	39	Aceitável	
4	48	Aceitável	
5	43	Aceitável	
06/06/2002			
1	55	Boa	53,2 Boa
2	47	Aceitável	
3	51	Aceitável	
4	63	Boa	
5	50	Aceitável	
21/06/2002			
1	49	Aceitável	49 Aceitável
2	43	Aceitável	
3	50	Aceitável	
4	59	Boa	
5	44	Aceitável	

Quadro 5 – Simulação do IQA para período entre 17/07/2000 e 30/08/2000.

Pontos	IQA	Classificação (por ponto)	IQA médio
17/07/2000			
1	20	Ruim	47,2 ruim
2	21	Ruim	
3	24	Ruim	
4	27	Ruim	
5	21	Ruim	
02/08/2000			
1	27	Ruim	43,8 ruim
2	19	Péssima	
3	27	Ruim	
4	27	Ruim	
5	27	Ruim	
16/08/2000			
1	38	Aceitável	56,2 ruim
2	22	Ruim	
3	35	Ruim	
4	37	Aceitável	
5	28	Ruim	
30/08/2000			
1	28	Ruim	51,8 ruim
2	20	Ruim	
3	29	Ruim	
4	40	Aceitável	
5	30	Ruim	

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

ai 13
30/04/04
X





UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Câmpus de Ilha Solteira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Av. Brasil Centro, 56
15385-000 Ilha Solteira - SP
www.dec.feis.unesp.br

