

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

KATIA MARIA HIPOLITO HESPANHOL

MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA
DO RIBEIRÃO MORANGUEIRO

MARINGÁ

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

KATIA MARIA HIPOLITO HESPANHOL

**MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA
DO RIBEIRÃO MORANGUEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Célia R. G. Tavares

MARINGÁ

2009

KATIA MARIA HIPOLITO HESPANHOL

**MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA
DO RIBEIRÃO MORANGUEIRO**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana no programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá.

Prof. Dr. Evaristo Atêncio Paredes, Coordenador do Programa.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Célia R. G. Tavares (Orientadora) - UEM

Prof.^a Dr.^a Renata Ribeiro de Araújo – UNESP/ Presidente Prudente

Prof.^a Dr.^a Eneida Sala Cossich – PEQ/UEM

Maringá, março de 2009.

“Felizes os que confiam no Senhor [...] São como árvores plantadas às margens de um rio, cujas raízes alcançam águas profundas. Tais árvores não são afetadas pelo calor nem se preocupam com longos meses de seca. Suas folhas permanecem verdes e produzem fruto delicioso.”

Jeremias 17.7,8; NLT

A Deus, ao meu marido Marcos, a minha filha Júlia, aos meus pais Luiza e Osmar e aos meus irmãos Carin e Vinícius pelo apoio, carinho e paciência que sempre tiveram comigo em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

*A Deus, que com seu infinito amor, governa o meu ser,
derramando sempre grandes bênçãos sobre mim..*

*A Professora Célia Regina Granhen Tavares, pela
orientação e confiança no desenvolvimento deste trabalho.*

*Ao professor Edson Ikeda pelas valiosas sugestões nas
atividades de campo.*

*Aos professores do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá.*

Ao funcionário Douglas, pela disposição e dedicação.

*Aos funcionários do Laboratório de Saneamento Básico e
Meio Ambiente do Departamento de Engenharia Civil, pelo
apoio na realização das análises laboratoriais.*

*A Sanepar, em especial ao funcionário Arcione pela
permissão de acesso na captação de água do Pirapó.*

*Aos colegas Silvestre, Fragoso, Davi e Marcelo, pelo grande
apoio no trabalho de campo.*

*A Prefeitura Municipal de Maringá pelo fornecimento de
informações que contribuíram para a realização desta
pesquisa.*

A todos os colegas do mestrado.

RESUMO

A cidade de Maringá foi cuidadosamente planejada, no entanto seus recursos hídricos vêm sendo degradados ao longo das últimas décadas, em decorrência do processo de urbanização. O ribeirão em estudo tem sua nascente na área urbana de Maringá, recebe o efluente de uma das estações de tratamento de esgoto do município, e deságua no ribeirão Sarandi que tem sua foz situada no rio Pirapó, à jusante da captação de água que abastece esta cidade. Este estudo teve o objetivo de monitorar e diagnosticar a qualidade da água do ribeirão Morangueiro, comparando os parâmetros de qualidade de suas águas com os estabelecidos pela Resolução nº. 357/2005 do CONAMA. A metodologia de trabalho consistiu na realização de coletas de campo contemplando variações espaciais ao longo do ribeirão, sendo realizadas análises físico-químicas e biológicas nas amostras de água coletadas por um período de 12 meses. Os resultados mostraram que a água do ribeirão Morangueiro encontra-se com altas concentrações de matéria orgânica, nutrientes e coliformes, sendo que as atividades antrópicas, por meio do lançamento de esgoto doméstico, é a principal fonte de poluição, e o lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto, é a mais significativa. Deste modo, as suas águas não estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução nº. 357/2005 do CONAMA para a classe 2 de qualidade.

Palavras-chave: Recursos Hídricos; Qualidade da água; Fontes de contaminação; ribeirão Morangueiro.

ABSTRACT

The city of Maringá was carefully planned, however its water resources have been degraded in the last decades due to the urbanization process. The stream under study has its spring in the urban area of Maringá, receives the effluent of a sewage treatment plant and flows into stream Sarandi that flows into Pirapó river, near the captation of water that supplies the city. This study aims to monitor and diagnose the water quality of the stream Morangueiro, comparing its parameters with the ones established by CONAMA resolution number 357/2005. The work methodology consisted of field collections along the stream, being conducted physical, chemical and biological analyses of the water samples collected. Results showed that the stream Morangueiro water has high concentrations of organic loadings, nutrients and coliforms, once the human activities, through the launch of domestic sewage is the main source of pollution, and the launch of effluent of the sewage treatment plant is the most significant. So, its water does not conform to the established class 2 by resolution number 357/2005 of CONAMA.

Keywords: Water Resources; Water Quality; Contamination Sources; Morangueiro Stream

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVO.....	1
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
2.1	ASPECTOS LEGAIS.....	3
2.2	QUALIDADE DA ÁGUA	6
2.2.1.	MONITORAMENTO.....	10
2.2.2	INDICADORES.....	13
2.2.3	ÍNDICES	20
2.3	POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	28
2.4	AUTODEPURAÇÃO DE CORPOS D' ÁGUA.....	33
2.4.1	MODELO DE STREETER-PHELPS.....	38
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	48
4	METODOLOGIA	53
4.1	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM	53
4.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	55
4.2.1	METODOLOGIA ANALÍTICA	56
4.2.2	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	57
4.2.3	AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	58
4.2.4	VAZÃO E CARGA POLUIDORA.....	58
4.2.5	AUTODEPURAÇÃO	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
5.1	VAZÃO	60
5.2	INDICADORES DE QUALIDADE.....	62
pH.....		62

TURBIDEZ	63
TEMPERATURA	63
SÓLIDOS DISSOLVIDOS	64
FÓSFORO TOTAL.....	65
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO	65
NITROGÊNIO AMONÍACAL	66
NITRITO	67
NITRATO.....	68
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	68
OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	69
METAIS PESADOS	70
5.3 COMPARAÇÃO DA MÉDIA DAS CONCENTRAÇÕES	70
5.4 AUTODEPURAÇÃO E CARGA POLUIDORA	71
MATÉRIA ORGÂNICA	71
BACTÉRIAS DECOMPOSITORAS	73
OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	73
STREETER-PHELPS	74
5.5 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	76
5.6 AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	78
6 CONCLUSÃO	79
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

APÊNDICES

APÊNDICE A – BACIA DO RIBEIRÃO MORANGUEIRO

APÊNDICE B – FUNÇÕES POLINOMIAIS DAS VARIÁVEIS SUB-ÍNDICES DO IQA

APÊNDICE C – PERFIL DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS NOS PONTOS DE COLETA

APÊNDICE D – RESULTADOS DAS ANÁLISES DA QUALIDADE DA ÁGUA

APÊNDICE E – RESULTADOS DA CARGA DE POLUENTES

APÊNDICE F – RESULTADOS DA AUTODEPURAÇÃO - MODELO DE STREETER-PHELPS

APÊNDICE G – RESULTADOS DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA

APÊNDICE H – RESULTADOS DE CÁLCULO DA AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUA - AIQA

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – SISTEMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA SEGUINDO O FLUXO DA INFORMAÇÃO	13
FIGURA 2.2 – CAMPO DAS SOLUÇÕES POSSÍVEIS DO INDICADOR DE QUALIDADE INTEGRADA	26
FIGURA 2.3 – COORDENADAS CARTESIANAS DE UM PONTO HIPOTÉTICO EM RELAÇÃO AO PONTO DE QUALIDADE IDEAL	26
FIGURA 2.4 – PERFIL ESQUEMÁTICO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO CURSO D'ÁGUA	36
FIGURA 2.5 – PERFIL ESQUEMÁTICO DA CONCENTRAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA NO CURSO D'ÁGUA	36
FIGURA 2.6 – PERFIL ESQUEMÁTICO DA CONCENTRAÇÃO DE BACTÉRIAS NO CURSO D'ÁGUA	37
FIGURA 2.7 – PONTOS CARACTERÍSTICOS DA CURVA DE DEPLEÇÃO DE OD	47
FIGURA 4.1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM	55
FIGURA 5.1 – VAZÃO MÉDIA MENSAL NO RIBEIRÃO MORANGUEIRO	60
FIGURA 5.2 – PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MENSAL	61
FIGURA 5.3 – PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 48 HORAS ANTES DA COLETA	62
FIGURA 5.4 – EVOLUÇÃO DO pH AO LONGO DO TEMPO	62
FIGURA 5.5 – EVOLUÇÃO DA TURBIDEZ AO LONGO DO TEMPO	63
FIGURA 5.6 – EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA AO LONGO DO TEMPO	64
FIGURA 5.7 – EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS AO LONGO DO TEMPO	64
FIGURA 5.8 – EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO AO LONGO DO TEMPO	65
FIGURA 5.9 – EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DA DBO AO LONGO DO TEMPO	66
FIGURA 5.10 – EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO AMONÍACAL AO LONGO DO TEMPO	66
FIGURA 5.11 – EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITRITO AO LONGO DO TEMPO	67
FIGURA 5.12 – EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO AO LONGO DO TEMPO	68
FIGURA 5.13 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES AO LONGO DO TEMPO	69

FIGURA 5.14 – EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO AO LONGO DO TEMPO	69
FIGURA 5.15 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL DA DBO	72
FIGURA 5.16 – CARGA MÉDIA ANUAL DA DBO	72
FIGURA 5.17 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL DE COLIFORMES	73
FIGURA 5.18 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO	73
FIGURA 5.19 – CARGA MÉDIA ANUAL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO	74
FIGURA 5.20 – PERFIL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO RIBEIRÃO MORANGUEIRO	76

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – PESOS DOS PARÂMETROS PARA O ÍNDICE DE QUALIDADE NSF	22
TABELA 2.2 – DESCRIÇÕES NUMÉRICAS DO IQA MODIFICADO PELA CETESB	23
TABELA 2.3 – DESCRIÇÕES NUMÉRICAS DO AIQA	28
TABELA 2.4 – VALORES TÍPICOS DE K_1 (20°C)	40
TABELA 2.5 – VALORES TÍPICOS DE K_2 (20°C)	41
TABELA 2.6 – VALORES DO COEFICIENTE K_2 (20°C) SEGUNDO MODELOS BASEADOS EM DADOS HIDRÁULICOS	42
TABELA 2.7 – CONCENTRAÇÃO DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO (MG/L)	43
TABELA 2.8 – TEORES MÍNIMOS PERMITIDOS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO	44
TABELA 4.1 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM	54
TABELA 4.2 – PADRÃO DE QUALIDADE – ÁGUAS DOCES – CLASSE 2	56
TABELA 4.3 – INSTRUMENTOS UTILIZADOS NAS ANÁLISES	57
TABELA 5.1 – VAZÃO MENSAL NOS PONTOS DE COLETA (m^3/s)	60
TABELA 5.2 – COMPARAÇÃO DA MÉDIA DAS CONCENTRAÇÕES (MG/L)	71
TABELA 5.3 – CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG/L)	75
TABELA 5.4 – ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)	77
TABELA 5.5 – INDICADOR DE QUALIDADE DA ÁGUA (AIQA)	78

NOMENCLATURA

AIQA	Avaliação Integrada da Qualidade da Água
APHA	American Public Health Association
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IQA	Índice de Qualidade da Água
pH	Potencial Hidrogeniônico
NO₂	Nitrito
NO₃	Nitrato
NSF	National Sanitation Foundation
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Utilizados para diversas finalidades, como abastecimento doméstico e industrial, irrigação de produtos agrícolas, recreação, atividade pesqueira, geração de energia e disposição de resíduos, nas últimas décadas os recursos hídricos estão sendo cada vez mais disputados, tanto em quantidade quanto em qualidade, principalmente em razão do acentuado crescimento demográfico e do próprio desenvolvimento econômico (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DO BRASIL SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2002).

No Brasil, o problema não está na quantidade de água disponível, uma vez que é um país privilegiado neste aspecto, mas sim na qualidade desta água, reflexo de um passado de gestão inadequada. Deste modo, há a necessidade de um manejo adequado dos recursos hídricos, de forma a garantir a água na quantidade e na qualidade desejáveis aos seus múltiplos usos (LEITÃO, 2001).

A qualidade da água resulta não só dos fenômenos naturais, mas da atuação do homem. É certo que a precipitação pluviométrica pode afetar o escoamento superficial e a infiltração no solo, mas a interferência do homem quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui para a introdução de compostos na água, provocando sua contaminação e colocando em risco a qualidade da água que abastece a população (OLIVEIRA, 2004).

No Brasil, os padrões de qualidade para os corpos de água são fixados pela Resolução CONAMA nº. 357/2005, que dispõe sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do corpo receptor.

Diante desses registros, o conhecimento dos usos atuais, dos potenciais de cada trecho de um corpo d'água e do seu planejamento racional, é indispensável para identificar e diagnosticar os fatores que afetam a qualidade da água. Além disso, tais ações podem auxiliar na prevenção dos impactos futuros decorrentes de determinados eventos ou condições específicas, auxiliando a administração dos recursos hídricos com propostas ou alternativas concretas para a conservação ou a recuperação dos recursos hídricos de uma bacia.

A bacia do rio Pirapó tem chamado muito a atenção da sociedade maringaense, que atualmente inicia o processo de conscientização sobre a problemática ambiental vigente, resultante dos impactos antrópicos. Esta preocupação decorre do fato desta bacia ser a principal fonte hídrica de abastecimento público de Maringá.

O interesse em estudar o ribeirão Morangueiro é pelo fato de ser um dos principais afluentes da bacia do alto rio Pirapó e receber, ao longo de seu curso, o efluente de uma das estações de tratamento de esgoto do município. Possuindo uma área de 41,9Km², com cotas altimétricas entre 505 e 530m, este ribeirão tem sua nascente na área urbana de Maringá, no parque Alfredo Nyffeler. Possui uma extensão de 12,5 Km de direção nordeste–sudeste, até desaguar no ribeirão Sarandi, que tem sua foz situada no rio Pirapó, à jusante da captação de água que abastece esta cidade.

Desta forma, o presente trabalho teve o objetivo de diagnosticar a qualidade da água do ribeirão Morangueiro por meio do monitoramento de parâmetros físico-químicos e biológicos, comparando-os com os atribuídos pela Resolução nº. 357/2005 do CONAMA.

Como objetivos específicos relacionam-se:

- 1- Determinar o índice da qualidade da água (IQA) do ribeirão Morangueiro e de seu afluente, o ribeirão Sarandi;
- 2- Fazer uma Avaliação Integrada da Qualidade da Água (AIQA), utilizando o método descrito pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP);
- 3- Monitorar a evolução da carga de poluentes ao longo do tempo e do espaço;
- 4- Avaliar, em termos da depressão de oxigênio dissolvido, a capacidade de autodepuração do ribeirão Morangueiro, utilizando o método de Streeter-Phelps, após receber efluente tratado de uma das estações de tratamento de esgoto do município de Maringá;
- 5- Verificar, por meio da comparação dos resultados dos parâmetros analisados com os atribuídos pela Resolução nº. 357/2005 do CONAMA, o enquadramento do ribeirão na classe de qualidade segundo seu uso preponderante, e caso necessário, sugerir ações a serem implantadas, para que este corpo de água fique em conformidade com os padrões de qualidade referente à sua classificação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ASPECTOS LEGAIS

Segundo LEAL (1998), o marco legal fundamental em relação à gestão dos recursos hídricos no Brasil, é o Código de Águas, estabelecido pelo Decreto Federal nº. 24.643 de 10 de julho de 1934 e ainda em vigor.

Após este marco histórico na legislação nacional, destaca-se a promulgação da Constituição Federal, que revogou, por contradição, alguns dos artigos do Código de Águas. Cabe ressaltar a responsabilidade co-participativa da União, Estado e Distrito Federal, como citado no artigo 24, no que diz respeito à legislação sobre as florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição. Esta Constituição ainda previa o estabelecimento de uma Política Nacional de Recursos Hídricos e de um Sistema Nacional de Recursos Hídricos, que iniciada sua estruturação por meio do decreto em 1990, instituiu um grupo de trabalho para se estudar o assunto e, deste culminou a aprovação da Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que por sua vez definia, como um de seus objetivos, a criação de um Sistema de Informações de Recursos Hídricos, visando reunir, consistir, divulgar dados e informações qualitativas e quantitativas de todo o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com a obtenção descentralizada de informações e coordenação unificada (SOARES, 2003).

A criação da Agência Nacional de Águas, por meio da Lei nº. 9.984 de julho de 2000, que é a entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, mostra fundamentalmente o interesse governamental de sistematizar a utilização dos recursos hídricos da união, que é fator preponderante no desenvolvimento do país neste início de milênio (CABRAL, 2001 citado por SOARES, 2003).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – editou, em 1986, a Resolução que passou a figurar como a principal legislação destinada ao controle de poluição hídrica, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Em 17 de março de 2005, o CONAMA a reeditou, com algumas alterações, e esta ainda está em vigência, como Resolução nº. 357.

A legislação determina que a qualidade das águas esteja associada ao uso pretendido. Dessa forma, a qualidade de um segmento de corpo d'água é estabelecida de acordo com os usos preponderantes em um sistema de classes de qualidade. O estabelecimento do grau de qualidade (classe) de um segmento de corpo de água, ao longo do tempo, deve estar baseado em diagnósticos regionais, considerando-se dados sócio-econômicos, uso do solo e usos pretendidos dos recursos hídricos, de modo a assegurar seus usos preponderantes (CETESB, 2008).

Os padrões de qualidade das águas determinados na Resolução nº. 357/2005 do CONAMA estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe. O conjunto de parâmetros de qualidade de água, selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento, deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público. A classificação padronizada dos corpos de água possibilita que se fixe metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada.

O enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos. A Portaria SUREHMA nº 004 de 21 de março de 1991, enquadra os cursos d'água da bacia do rio Pirapó, como rios de classe 2.

As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

As águas doces, objeto de estudo deste trabalho, são classificadas em cinco classes:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;

- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução do CONAMA nº. 274, de 2000.
- d) à 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; e
- e) a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução do CONAMA nº. 274, de 2000.
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V- classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Embora essa regulamentação tenha sido implantada na sua forma original pela Resolução 020/86, portanto há mais de 20 anos, o quadro da qualidade dos corpos hídricos teve pouca alteração em função de sua aplicação. Identificam-se, como principais causas, a baixa

cobertura dos serviços de saneamento e a falta de monitoramento e de fiscalização pelas instituições responsáveis, que carecem de recursos humanos, instalações e instrumentos.

Os problemas ambientais brasileiros, e também mundiais, decorrem em grande parte das carências do processo decisório que orienta a utilização dos recursos ambientais, particularmente no que se refere à articulação e coordenação das ações e a participação da sociedade interessada na negociação da tomada de decisão. O gerenciamento de bacia hidrográfica é o instrumento orientador das ações do poder público e da sociedade, em longo prazo, no controle do uso dos recursos ambientais - naturais, econômicos e socioculturais - pelo homem, na área de abrangência de uma bacia hidrográfica, com vistas ao desenvolvimento sustentável (LANNA, 2000, citado por LEMOS, 2004).

2.2 QUALIDADE DA ÁGUA

A água é de vital importância para a sobrevivência dos seres vivos, uma vez que está presente na maioria dos processos metabólicos. Além dessa atuação vital, levando-se em conta o ciclo hidrológico, ela interage com todo o ambiente, acumulando as informações dessas interações e, assim, funcionando como indicador ambiental de grande eficiência (OKI, 2002).

A água é uma substância fundamental para os ecossistemas na natureza; é o solvente universal, propiciando a higiene e limpeza dos seres vivos e contribuindo para o processo de absorção dos nutrientes do solo pelos vegetais; possui elevada tensão superficial, possibilitando a formação da “franja capilar” no solo e das diferentes formações hídricas atmosféricas; possui alto calor específico, influenciando o clima das regiões, isto é, regiões próximas às massas de água sofrem menos variação de temperatura do ambiente; e, acima de tudo, é um componente fundamental na formação dos seres vivos; no caso do homem, aproximadamente $\frac{3}{4}$ de sua constituição é de água (OTTONI, 1999).

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos, atua como fator determinante no processo de desenvolvimento econômico e social de uma comunidade. Atender a essa demanda constitui-se, assim, em um dos maiores desafios do homem na atualidade, devido à escassez crescente e ao comprometimento da qualidade das águas (PAIVA, 2001).

Na ótica da Engenharia Ambiental, o conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a simples caracterização da água pela fórmula molecular H_2O . Isto porque a água, devido às suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a qualidade da água (VON SPERLING, 2005).

Quando se utiliza o termo “qualidade da água”, é necessário compreender que esse termo não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas, e que conforme estas características são estipuladas diferentes finalidades para a água. Assim, a política normativa nacional de uso da água, como consta na resolução 357/2005 do CONAMA, procurou estabelecer parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos naturalmente presentes, considerando os diferentes usos.

HINES *et al.* (1970) notaram que: “Em diversas bases tem sido provado a dificuldade de se usar os dados existentes de qualidade da água para análises das tendências temporais e espaciais... As razões maiores para este problema são os programas de amostragem de natureza arbitrários que geram dados de qualidade da água e o fracasso generalizado no cálculo da variabilidade das condições históricas na qualidade, resultado do fenômeno hidrológico”.

As águas podem ter sua qualidade deteriorada por agentes de origem inorgânica, como metais e outros compostos inorgânicos, ou os de origem orgânica, como é o caso dos coliformes e de outros compostos provenientes de esgotos domésticos ou industriais. Ressalta-se que a decomposição natural da matéria orgânica, quando acumulada, pode causar mudanças importantes na concentração de oxigênio e nos valores de pH, com conseqüências irreparáveis para diversos seres vivos (MULLER, 2001).

A variação da qualidade da água depende do regime hidrológico do rio, como a variação da vazão da água, o número de cheias por ano e sua importância. Durante o período de enchente, a qualidade da água geralmente mostra variações notáveis, devido às diferenças na origem da água: água oriunda de escoamento superficial, água de escoamento sub-superficial e água do lençol freático. As águas de escoamento superficial geralmente são altamente turvas e carregam grandes quantidades de sólidos suspensos. Águas sub-superficiais carregam carbono orgânico dissolvido e nutrientes, como nitrogênio e fósforo (ALVES, 2006).

O conhecimento da alteração da qualidade da água de um sistema lótico frente às flutuações de vazão é de grande importância, não somente para estações de tratamento, que nos períodos chuvosos tratam água de pior qualidade, mas também para registrar o comportamento de um rio numa determinada época, seja ano ou década, refletindo as condições ambientais de sua bacia hidrográfica. O diagnóstico ambiental utilizando-se parâmetros de qualidade da água de um rio revela a integridade da bacia hidrográfica de origem (FRITZSONS, 2003).

Nos países em desenvolvimento a degradação da qualidade dos corpos hídricos está diretamente relacionada à poluição orgânica. A ocupação e o uso desordenado do solo, associado à falta de implantação dos serviços de saneamento básico, promovem a degradação crescente destes recursos naturais. Segundo os dados do PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002), apenas 38% dos municípios brasileiros, promovem a coleta dos esgotos domésticos e um percentual ainda menor, 10%, realizam tratamento dos mesmos.

A qualidade dos corpos de água em uma cidade é uma das principais, senão a maior, referência de qualidade de vida da cidade. A água, como bem natural dotado de valor econômico, deve ser garantida tanto para a manutenção do equilíbrio ecológico, como para os múltiplos usos exigidos pela sociedade, garantindo, assim, a sua conservação para as futuras gerações (OLIVEIRA, 2004).

Segundo TUNDISI (1999), alterações na quantidade, distribuição e qualidade da água, podem ameaçar a sobrevivência dos seres vivos, estando o desenvolvimento econômico e social dos países fundamentados na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção dos recursos hídricos, tendo em vista as elevadas densidades populacionais nas últimas décadas, e ausência de tratamento de esgoto doméstico em algumas regiões do país, que compromete a qualidade da água com a contaminação por microorganismos patogênicos. Aliado a isso, o desmatamento a agricultura e a pecuária extensiva têm contribuído para o aumento da degradação.

A diminuição da qualidade da água nos países em desenvolvimento é um grave problema que precisa ser enfrentado. No terceiro mundo, mais de cinco milhões de crianças com menos de cinco anos de idade morrem, por ano, em consequência da qualidade da água que bebem. Oitenta por cento de todas as doenças ocorrem devido à água contaminada por esgoto, resultado da ineficácia dos órgãos públicos em estabelecer uma infra-estrutura

sanitária. Um entre quatro leitos hospitalares é ocupado por pessoas que possuem doenças transmitidas pela água (WORLD CONSERVATION UNION, 1991, citado por LEMOS, 2004).

Estima-se que aproximadamente doze milhões de pessoas morrem anualmente por problemas relacionados com a qualidade da água. No Brasil, esse problema não é diferente, uma vez que os registros do Sistema Único de Saúde (SUS) mostram que 80% das internações hospitalares do país são devidas à doenças de veiculação hídrica, ou seja, doenças que ocorrem devido à qualidade imprópria da água para consumo humano.

Um aspecto importante na avaliação da qualidade da água em um corpo hídrico é fazer um monitoramento ao longo do tempo e do espaço. A análise temporal é importante para poder acompanhar a tendência de melhora ou piora da qualidade da água, e mais, permite aos gestores tomarem medidas rápidas. Implica no levantamento sistemático de dados em pontos de amostragem selecionados e visa acompanhar a evolução das condições da qualidade da água ao longo do tempo, garantindo sua manutenção futura. A análise espacial avalia o comportamento de um determinado parâmetro de qualidade, para pontos situados ao longo de um mesmo corpo hídrico. Essa avaliação permite identificar trechos críticos, nos quais a qualidade da água se encontre significativamente comprometida, em função de fatores meteorológicos, de eventual sazonalidade de lançamentos poluidores e de alterações na vazão (OLIVEIRA, 2004).

As interações entre as diversas variáveis mensuradas numa amostra de água constituem no ponto de partida para avaliação da qualidade da água, desde que estas interações sejam obtidas de uma distribuição amostral no espaço e no tempo das variáveis do sistema a ser estudado (HARMANCIOGLU *et al.*, 1998).

A avaliação da qualidade da água de um corpo hídrico, no âmbito de sua área de drenagem, é de fundamental importância para traçar diretrizes que visam a sua adequação frente aos requisitos de qualidade para usos específicos, definidos nos processos de enquadramento estabelecidos na Resolução nº. 357/2005 do CONAMA. Esta avaliação deve contemplar tanto os aspectos qualitativos como os quantitativos dos recursos hídricos, devido à indissociabilidade dos mesmos.

2.2.1 Monitoramento

Conforme define SANDERS *et al.* (1983), o monitoramento da qualidade da água é o esforço em obter informações quantitativas das características físicas, químicas e biológicas da água por meio de amostragem estatística. O tipo de informação procurada depende dos objetivos da rede de monitoramento, e esses objetivos variam desde a detecção de violações dos padrões de qualidade do corpo d'água, até a determinação das tendências temporais da qualidade da água. Já a rede de monitoramento é definida como sendo a localização espacial (frequência espacial) dos pontos de amostragem e, portanto, o projeto da rede de monitoramento significa a definição dos pontos de amostragem, da frequência temporal e duração da amostragem e da seleção das variáveis a serem medidas.

A localização das estações de monitoramento na bacia hidrográfica, denominada de macrolocalização, a determinação de frequências de amostragem e a definição das variáveis a serem monitoradas, são tarefas que fazem parte do projeto da rede de monitoramento da qualidade da água. A rede de monitoramento, por sua vez, é parte do sistema de informações sobre qualidade da água, cujo objetivo é a descrição dos fenômenos físicos, químicos e biológicos relacionados à qualidade do corpo d'água (SOARES, 2003).

No Brasil, há uma carência extrema de dados de qualidade da água, que são fundamentais para o controle e avaliação da poluição ambiental. Como os recursos disponíveis para aplicação em projeto e construção de redes de monitoramento são também muitas vezes escassos, é necessário que se tenha uma metodologia adequada para que se faça a macrolocalização das estações de monitoramento da qualidade da água de forma eficiente, gastando-se o mínimo possível, ou partindo-se de um recurso financeiro previamente disponível, buscando-se qual seria a melhor disposição que se encaixaria nestas condições (SOARES, 2003).

Conferências, seminários, encontros, reuniões técnicas e outros, alertam para a necessidade de se realizar um diagnóstico que possa dirigir atos apropriados de conservação e revitalização dos recursos hídricos. Porém, países em desenvolvimento, especialmente o Brasil, que possui um rápido crescimento no setor industrial e agrícola, urgem por mais ênfase aos tipos de dados coletados, que permitam avaliações úteis e direcionadas à gestão dos recursos hídricos (BESSA, 1998).

Os problemas observados nas informações da qualidade da água disponível e as deficiências das redes de monitoramento têm levado muitos projetistas e pesquisadores a reavaliarem os procedimentos de projetos utilizados até agora. Enquanto os países desenvolvidos estão trabalhando no aprimoramento de suas redes de monitoramento, os países em desenvolvimento necessitam da implantação, melhorias nas redes existentes, ampliação e, também a avaliação de suas redes. No caso do Brasil, onde as dificuldades de implantação e gerenciamento de uma rede de monitoramento podem ser agravadas pelas suas dimensões continentais ou pela escassez de recursos financeiros para sua implantação, operação e manutenção, uma metodologia segura de projeto para bacias hidrográficas com poucos dados, sejam eles fisiográficos, geológicos ou de qualidade da água, bem como uma metodologia para o redimensionamento da rede de monitoramento, torna-se a cada dia mais importante (SOARES, 2003).

Pode-se distinguir dois tipos de monitoramento: o monitoramento sistemático de longa duração, com medidas padronizadas, de observação, avaliação e relatório do ambiente aquático com a finalidade de definir níveis e tendências e outro “survey” de duração definida, com programas intensivos, avaliação e relatório da qualidade do ambiente aquático para um propósito específico (BESSA, 1998).

WARD (1999) citado por SOARES (2003) define uma estrutura básica para o projeto de um Sistema de Informações sobre a Qualidade da Água como sendo o conjunto dos seguintes procedimentos: definição das informações necessárias ao planejamento e gerenciamento; definição do tipo, quantidade e qualidade da informação que pode ser produzida pelo monitoramento; projeto da rede de monitoramento, que se constitui em macro e micro localização dos pontos de amostragem, definição da frequência temporal e seleção das variáveis a serem monitoradas; definição dos procedimentos e documentação para a coleta dos dados; e finalmente a definição da geração de informação, documentada em procedimentos definidos para a elaboração de relatórios.

SOARES (1999; 2003) descreve as etapas para o projeto de um sistema de informações sobre a qualidade da água, que inclui a rede de monitoramento de qualidade de água:

- a) Identificar a necessidade de obtenção de informação para o planejamento, tomada de decisões e atendimento às leis e regulamentos;
- b) Pesquisar as características do local onde será implantada a rede de monitoramento;

- c) Determinar quais variáveis de qualidade da água precisa ser monitorada para atender as metas definidas nas etapas (a) e (b);
- d) Selecionar as técnicas estatísticas que podem ser aplicadas aos passos (c),(e),(f) e (i);
- e) Determinar a localização das estações de monitoramento de qualidade da água;
- f) Determinar a frequência temporal de amostragem;
- g) Determinar as operações e procedimentos de campo e de laboratório, métodos de análise, armazenamento e sistema de recuperação de dados que serão utilizados;
- h) Determinar os procedimentos para a preservação de amostras e transporte do campo ao laboratório, quando for o caso;
- i) Especificar o “hardware” e “softwares” necessários para a análise de dados e o formato e a frequência dos relatórios a serem expedidos;
- j) Calcular o custo do programa de monitoramento e fazer a análise de eficiência/custo;
- k) Baseando-se na análise efetuada em (j) fazer as mudanças necessárias no programa de monitoramento de qualidade da água.

Com os vários tipos e proposição de monitoramento, é fácil ver porque não existe um consenso de como um sistema de monitoramento deve ser. WARD *et al.* (1990) afirmam que o sistema deve ser focado na informação, e esta, obtida da amostragem, via análises laboratoriais, até a conversão em dados. As metodologias de análises (gráficos, tabelas, análises estatísticas, modelagem ou combinação destas), dependem de como se deseja a informação.

Pode-se dizer que a definição de como a informação da qualidade da água será usada na gestão dos recursos hídricos é um componente essencial para as definições de trabalhos nesta área. Tendo em mente o produto “informação” da qualidade da água na gestão dos recursos hídricos, é apresentado na Figura 2.1 um fluxograma de um sistema de monitoramento de qualidade da água.

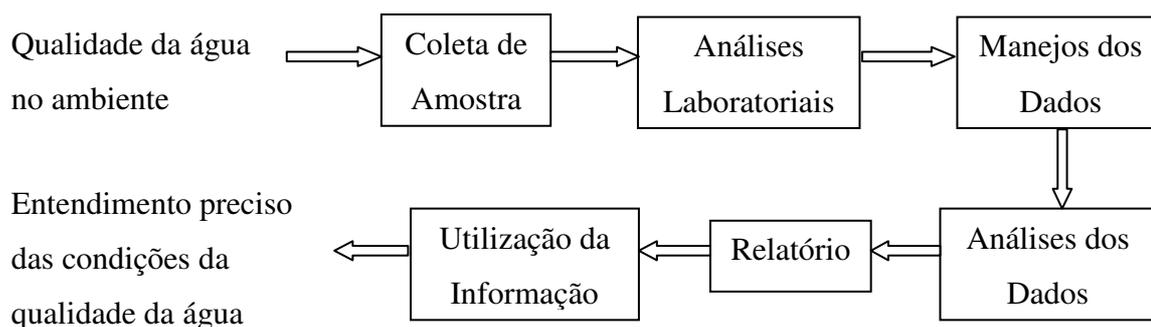


Figura 2.1 – Sistema de monitoramento da qualidade da água seguindo o fluxo da informação

Fonte: WARD *et al.* (1990)

WARD *et al.* (1990) descrevem o sistema de obtenção de informações, ou seja, o conjunto de atividades que visam a obtenção de dados e a transformação destes, em informações que possam ser utilizadas na tomada de decisões. Esta descrição se dá na direção cronológica de obtenção dos dados, ou seja: amostragem (localização dos pontos de coleta, escolha das variáveis, determinação da frequência e tipo de amostragem estatística), análises laboratoriais, manuseio dos dados, análise dos dados, relatórios e utilização da informação obtida; e atenta para o fato que as últimas componentes do processo de produção da informação, que é a análise dos dados, produção de relatórios e utilização adequada da informação recebe pouca atenção, resultando em dados pobres com relação à quantidade de informação produzida.

Resumidamente, o monitoramento da qualidade da água visa realizar a medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhar a evolução das condições da qualidade da água ao longo do tempo. Ele é importante para averiguar as tendências na qualidade do meio aquático, e para observar como este é afetado por contaminantes e/ou atividades antrópicas.

2.2.2 Indicadores

Os rios são sistemas complexos caracterizados como escoadouros naturais das áreas de drenagens adjacentes, que em princípio formam as bacias hídricas. A complexidade destes sistemas lóticos deve-se ao uso da terra, geologia, tamanho e formas das bacias de drenagem, dos processos ecológicos, da conectividade, além das condições climáticas locais.

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origem antrópica ou natural.

Por meio do ciclo hidrológico, as chuvas precipitadas sobre as vertentes irão formar o deflúvio superficial, que irá carrear sedimentos e poluentes para a rede de drenagem. Desta forma, o rio é um integralizador dos fenômenos ocorrentes nas vertentes da bacia, que pode ser avaliado pelos parâmetros de qualidade da água. Os rios são ambientes lóticos, ou de água corrente, caracterizando-se como ecossistemas que apresentam renovação constante e efeito de transporte para vários tipos de substâncias, ou seja, são sistemas abertos, com fluxo contínuo desde a nascente até a foz (HYNES, 1970).

Com altas vazões de escoamento, suas variáveis sofrem contínuas alterações em sua bacia de contribuição, tornando o ambiente aquático muito instável, dificultando o estabelecimento de uma única variável como um indicador padrão para qualquer sistema hídrico.

O grau de contaminação das águas é medido por meio de características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes que, por sua vez, são identificadas por parâmetros de qualidade das águas.

Os principais parâmetros físico-químicos de qualidade das águas são: cor, turbidez, temperatura, sabor, pH, alcalinidade, dureza, cloretos, ferro, manganês, nitrogênio, fósforo, fluoretos, oxigênio dissolvido, matéria orgânica e micro poluentes orgânicos e inorgânicos. Já os biológicos estão ligados à presença de microrganismos, como coliformes fecais ou algas (OTSUSCHI, 2000).

2.2.2.1 Parâmetros Físicos

Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta no aumento da turbidez das águas. Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas (IAP, 2005).

Em termos ambientais, para BRANCO (1987), a principal consequência da alteração da turbidez num corpo d'água é a redução da penetração da luz solar e conseqüente

diminuição da taxa fotossintética, prejudicando a oxigenação do meio, principalmente em águas paradas ou mesmo em rios de baixa turbulência.

A tendência da turbidez é se elevar com o aumento da vazão, ou seja, com vazões maiores, a turbidez varia mais. As chuvas que causam vazões maiores podem ser muito variáveis, provocando graus diferentes de erosividade, afetando os terrenos das encostas e das margens.

Temperatura

A temperatura possui duas origens, quando relacionada como parâmetro de caracterização das águas. A primeira é a origem natural, e está relacionada à transferência de calor por radiação, condução e convecção entre a atmosfera e o solo, enquanto a origem antropogênica está relacionada com águas de torres de resfriamento e despejos industriais (ALVES, 2006).

A importância da temperatura como parâmetro de qualidade da água, é que as elevações da temperatura aumentam as taxas das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência dos mesmos, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis (VON SPERLING, 2005).

2.2.2.2 Parâmetros Químicos

pH

O potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons hidrogênio numa solução, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O seu efeito indireto é muito importante, podendo em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados e, em outras condições, exercer efeito sobre a solubilidade de nutrientes (CETESB, 2008).

A faixa de pH se encontra entre 0 e 14, mas os valores entre 6 e 9 é que são considerados compatíveis, em longo prazo, para a sobrevivência da maioria dos organismos aquáticos. A violação destes limites por longos períodos de tempo, ou fortes oscilações de pH em curto prazo, resultam na inibição dos processos metabólicos, na redução de espécies de organismos ou no poder de autodepuração (IAP, 2005).

Nitrogênio

O nitrogênio é um constituinte de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos. As fontes de contaminação desse composto em corpos d'água são de origem natural ou antropogênica, sendo a última a mais importante, pois é constituída por despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 2005).

O nitrogênio pode ser encontrado na água nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas, e as duas últimas formas oxidadas.

A relativa concentração das diferentes formas do nitrogênio é um indicativo eficiente da natureza e do estágio de poluição do efluente. Um corpo d'água contendo altas concentrações de nitrogênio orgânico e amônia e baixas concentrações de nitrito, não pode ser considerado seguro devido à poluição recente. Por outro lado, a ausência de nitrogênio orgânico e amônia e presença de algum nitrato sugerem um corpo d'água com poluição remota, pois a nitrificação já ocorreu (TEBBUTT, 1992 citado por MENDONÇA *et al.*, 1999).

O principal problema relacionado com altas concentrações de nitrogênio é a eutrofização. Esse elemento é indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, principalmente, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, causando interferências aos usos desejáveis do corpo d'água (VON SPERLING, 2005), gerando problemas como gosto e odor, redução de oxigênio e transparência, declínio da pesca, mortandade de peixes, obstrução de cursos d'água e efeitos tóxicos sobre animais e seres humanos.

Segundo VON SPERLING (2005) outros fatores mostram a importância de se quantificar a concentração dos compostos nitrogenados:

- O nitrogênio na forma de nitrato está associado a doenças como a metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul);
- Os processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste para nitrato, implicam no consumo de oxigênio dissolvido no corpo receptor (demanda nitrogenada de oxigênio), o que pode afetar a vida aquática;
- Nitrogênio na forma de amônia livre é tóxico aos peixes;

- Nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos;
- Os processos de conversão do nitrogênio têm implicações na operação das estações de tratamento de esgotos.

Nitrito

O nitrito aparece em uma fase intermediária natural na oxidação da amônia. Via de regra, o nitrito formado é imediatamente oxidado para a forma de nitrato. Em casos de aumentos drásticos da amônia ionizada, ou valores elevados de pH e temperatura, a nitrificação pode ocorrer em velocidade muito alta, causando acúmulo de nitrato, tóxico para peixes (IAP, 2005).

Nitrato

Os nitratos são solúveis em água. Nos corpos d'água está geralmente presente em concentrações moderadas, como agente natural do processo de nitrificação. As principais fontes de poluição por nitratos são os adubos incorporados ao solo para finalidades agrícolas e efluentes de estação de tratamento de esgoto (IAP, 2005).

Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para todas as formas de vida, pois é parte das estruturas celulares. Ele aparece em águas naturais devido principalmente as descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (IAP, 2005).

Por ser um elemento indispensável para o crescimento de algas, quando em elevadas concentrações, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, levando à eutrofização das águas naturais (CETESB, 2008).

Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da concentração do mesmo no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se a condição

anaeróbia, com geração de maus odores. É o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 2005).

É uma variável ambiental clássica, e sua ausência pode afetar significativamente a biota aquática. De um modo geral e simplificado, com base nos critérios de qualidade para oxigênio dissolvido, publicado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), as faixas de concentração de oxigênio dissolvido com as respectivas comunidades aquáticas que podem suportar tais níveis de oxigênio dissolvido são: de 0 a 2 mg L⁻¹ é insuficiente para manter a vida aquática, de 2 a 4 mg L⁻¹ somente poucas espécies de peixe podem sobreviver, de 4 a 7 mg L⁻¹ é aceitável para peixes de águas quentes e de 7 a 11 mg L⁻¹ é ideal para peixes de águas frias.

Sólidos

Para os recursos hídricos, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar no leito do rio, destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia (CETESB, 2008).

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Por esta razão, os sólidos são analisados separadamente, antes de se apresentar os vários parâmetros de qualidade da água. Simplificadamente, os sólidos podem ser classificados de acordo com as suas características físicas, em sólidos em suspensão, coloidais ou dissolvidos, ou pelas suas características químicas, em sólidos orgânicos ou inorgânicos, os quais juntos formam os sólidos totais (VON SPERLING, 2005).

Metais

Uma grande parte dos micropoluentes inorgânicos são tóxicos. Entre estes, tem especial destaque os metais pesados. Entre os metais pesados que se dissolvem na água, inclui-se arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata. Vários destes metais se concentram na cadeia alimentar, resultando num grande perigo para os organismos situados nos degraus superiores. A concentração tóxica dos metais nos ambientes aquáticos é bem pequena (VON SPERLING, 2005).

Matéria Orgânica

A matéria orgânica presente nos corpos d'água e nos esgotos é uma característica de primordial importância, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

Utilizam-se normalmente métodos indiretos para a quantificação da matéria orgânica, ou do seu potencial poluidor. Nesta linha, existem duas principais categorias de medição: a medição de consumo de oxigênio, por meio da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ou Demanda química de oxigênio (DQO) e a medição de carbono orgânico total (COT). A DBO é o parâmetro tradicionalmente mais utilizado (VON SPERLING, 2005).

Em águas naturais, a DBO representa a demanda potencial de oxigênio dissolvido que poderá ocorrer devido à estabilização dos compostos orgânicos biodegradáveis, o que poderá reduzir os níveis de oxigênio nas águas abaixo dos exigidos pela vida aquática. É um parâmetro imprescindível nos estudos de autodepuração dos cursos d'água e composição dos índices de qualidade dos mesmos (CETESB, 2008).

2.2.2.3 Parâmetros Biológicos

Coliformes

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. Tais organismos dão uma satisfatória indicação de quando a água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e, por conseguinte, sua potencialidade para transmitir doenças (VON SPERLING, 2005).

Ainda segundo VON SPERLING (2005), a detecção dos agentes patogênicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus em uma amostra d'água é extremamente difícil em razão das suas baixas concentrações, fazendo com que a sua detecção por meio de exames laboratoriais seja de grande dificuldade. Tal dificuldade é superada por meio do chamado estudo dos organismos indicadores de contaminação fecal

Os organismos mais comumente utilizados com tal finalidade são as bactérias do grupo coliforme. A determinação da concentração de coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (CETESB, 2008).

2.2.3 Índices

O objetivo de se determinar um índice de qualidade das águas é comunicar a qualidade de um determinado corpo hídrico aos atores institucionais de uma bacia hidrográfica, sejam eles a população, as prefeituras, os órgãos de controle ambiental, os comitês das bacias hidrográficas, as organizações não-governamentais, entre outros. Desse modo, o índice de qualidade das águas colabora na construção de um sistema de suporte à tomada de decisão de uma bacia hidrográfica (CETESB, 2003).

Para uma interpretação ecológica da qualidade das águas superficiais e/ou para estabelecer um sistema de monitoramento, é necessário à utilização de métodos simples e que dêem informações objetivas e interpretáveis, partindo para critérios próprios que considerem as características peculiares dos recursos hídricos (PINEDA & SCHÄFER, 1987). Neste aspecto, o uso de índices de qualidade da água é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê como forma de acompanhar, por meio de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo.

Cada sistema lótico possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como indicador padrão para qualquer sistema hídrico; por este motivo, em trabalhos de campo, o ideal é a obtenção de índices de qualidade das águas que reflitam resumidamente e objetivamente as suas alterações, com ênfase para as intervenções humanas, como uso agrícola, urbano e industrial (COUILLARD & LEFEBVRE, 1985).

Uma dificuldade na elaboração de um índice de qualidade das águas é sintetizar em um único número (que pode estar relacionado a um estado de qualidade: ótima, boa, regular, ruim e péssima, por exemplo) uma realidade complexa, na qual inúmeras variáveis ambientais têm influência. Soma-se a isso, o fato que a qualidade da água é uma função direta de seu uso proposto. Portanto, uma definição clara dos objetivos que se desejam alcançar com este índice de qualidade se faz necessária.

Um índice de qualidade das águas pode ser projetado para uma situação específica, inserido no contexto de uma bacia hidrográfica, trazendo consigo a diversidade urbano-industrial presente, a prática de uso e ocupação do solo e o padrão de desenvolvimento tecnológico, ou seja, a elaboração de um índice de qualidade das águas pode ser simplificada, ao levar em consideração somente as variáveis ambientais críticas que afetam

determinado corpo hídrico, em um determinado momento. Essa redução do número de variáveis ambientais, graças à escolha daquelas que realmente afetam a qualidade, facilita a elaboração de um índice de qualidade, tornando também a sua aplicação mais econômica e desse modo aumentando sua possibilidade de uso em diversas bacias hidrográficas do país (SILVA, 2004).

Ainda segundo SILVA (2004), outra vantagem ao se trabalhar com um índice que utiliza poucas variáveis ambientais é a minimização de um clássico e indesejável efeito na elaboração de índices de qualidade das águas, conhecido como efeito eclipse. O efeito eclipse resulta do processo de agregar inúmeras variáveis ambientais em um único número, o que pode produzir uma atenuação do impacto negativo de uma das variáveis frente ao comportamento estável das demais. Os índices propostos na literatura têm procurado diminuir a presença desse efeito eclipse, usando diferentes formas matemáticas para se obter o valor final do índice ou, então, estabelecendo diferentes pesos às variáveis que constituem o índice de qualidade.

A necessidade de integração da sociedade nos processos de gestão ambiental exige a apresentação de informações básicas, de forma objetiva e de fácil assimilação para uma efetiva atuação nos processos decisórios (PELAÉZ-RODRIGUES *et al.*, 2000). Neste sentido, o índice de qualidade da água é um número simples que expressa a qualidade geral da água em certo local e tempo, baseado em vários parâmetros de qualidade da água. O objetivo de um índice é transformar os complexos dados de qualidade da água em informação que pode facilmente ser entendida e utilizada pela população.

O uso de um índice para graduar a qualidade da água é motivo de controvérsia para especialistas da área, por não poder refletir uma situação real, quando da possibilidade da existência de alguma substância presente no meio e não contemplada no índice. Entretanto, um índice baseado em algumas variáveis importantes, permite a população ter uma idéia geral dos possíveis problemas com a água em uma determinada região.

Todos os índices contemplam um grau de subjetividade, pois dependem da escolha das variáveis que constituirão os indicadores principais das alterações da qualidade de água. Índices baseados em técnicas estatísticas favorecem a determinação dos indicadores mais característicos do corpo de água em estudo, embora não permitam generalizações para todos os corpos de água, uma vez que cada sistema hídrico, em princípio, possui sua característica peculiar (HAASE *et al.*, 1989). Por outro lado, como instrumento de

avaliação ao longo do tempo ou do espaço, estes índices permitem acompanhar as alterações ocorridas no eixo hidrográfico.

Vários são os índices de qualidade das águas existentes na literatura, sendo alguns deles utilizados de forma regular para controle da qualidade da água em países como EUA, Brasil, Inglaterra, Escócia e Polônia. Dentre esses índices, destaca-se o IQA desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos da América. Embora o IQA tenha sido elaborado para condições regionais do hemisfério norte, no Brasil ele tem sido aplicado com índice geral de qualidade das águas em corpos d'água (CARVALHO, 1996).

2.2.3.1 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Baseado no método de Delphi da Rand Corporation, o IQA consiste numa técnica de pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos, apresentados na Tabela 2.1, e a condição com que se apresentam cada parâmetro, segundo uma escala de valores (rating).

Tabela 2.1 – Pesos dos parâmetros para o índice de qualidade NSF

Parâmetro	Peso (wi)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes fecais	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio	0,10
Nitrato	0,10
Fosfato	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08
TOTAL	1

Fonte: CETESB (2008)

Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, no método em questão, somente 9 foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional,

foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas, de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro.

No Brasil, este método foi modificado pela CETESB, que trocou alguns parâmetros, como o nitrato pelo nitrogênio total, o fosfato pelo fósforo total e o oxigênio dissolvido pelo oxigênio dissolvido saturado, buscando com isso, traduzir de uma maneira mais eficiente, o valor do IQA, utilizando estes parâmetros que são mais evidentes nas nossas águas.

Então, o IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros, conforme a Equação 2.1:

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

Em que:

IQA – índice de qualidade da água, um número de 0 a 100;

q_i – qualidade do parâmetro “i”, obtida por meio de funções polinomiais (APÊNDICE B);

w_i – peso atribuído ao parâmetro, função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1, conforme a classificação do NSF-WQI.

Na Tabela 2.2, encontra-se a classificação da qualidade da água, em função do NSF-WQI, modificado pela CETESB.

Tabela 2.2 – Descrições numéricas do IQA modificado pela CETESB

Descrição (CETESB)	Faixa	Cor Indicadora
Péssima	0 – 19	Vermelho
Ruim	20 – 36	Laranja
Regular	37 -51	Amarelo
Boa	52 – 79	Verde claro
Ótima	80 – 100	Azul claro

Fonte: CETESB (2008)

O IQA ainda é um índice aproximado, cujo cálculo não considera outros contaminantes potenciais e, portanto, não atinge uma abordagem multidimensional, limitando seu poder de discriminação. Também a ausência de informações ecológicas nesta estimativa separa a avaliação química da biológica, o que pode prejudicar projetos de manejo e aproveitamento deste recurso (BINI, 1996).

A Resolução Federal CONAMA 357/2005 estabelece que corpos hídricos classe 2, caso do ribeirão Morangueiro, devem manter como uma de suas funções ecológicas o equilíbrio das comunidades aquáticas, e em seu artigo 34, parágrafo primeiro, postula que “O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeito tóxico aos organismos aquáticos no corpo receptor...”. Este instrumento legal sustenta e abre caminho para um índice de qualidade das águas voltado para a proteção das comunidades aquáticas, pois além de explicitar a necessidade da manutenção da vida aquática, alerta para que a manutenção dessa vida seja norteadora do controle de fontes emissora de poluentes.

2.2.3.2 Avaliação Integrada da Qualidade da Água (AIQA)

Uma avaliação criteriosa da qualidade das águas requer uma estrutura metodológica que seja capaz de integrar variáveis representativas dos processos alteradores das suas condições naturais, bem como dar respostas à ação dos estímulos externos, que podem variar (em escala) do nível de espécie ao ecossistema. As abordagens baseadas em uma visão sistêmica da realidade têm procurado integrar aspectos físico-químicos e biológicos, estabelecendo métodos de investigação que combinem variáveis de causa e efeito através de estruturas multimétricas.

Esta nova visão metodológica, longe de significar uma ruptura em relação aos processos tradicionais de monitoramento, procura integrar suas potencialidades. Utiliza, para isto, instrumentos matemáticos e estatísticos que possibilitem a agregação de informações de naturezas diversas, de modo que, quando ponderadas conjuntamente, possam refletir o estado geral do ecossistema.

Uma avaliação integrada (físico-química e biológica) dos efeitos da poluição sobre a qualidade da água, portanto, minimiza as incertezas relativas à qualidade das águas. É neste contexto que o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), para adequar as águas superficiais aos preceitos de preservação das comunidades aquáticas, desenvolveu uma forma de avaliação integrada, através do método denominado Avaliação Integrada da Qualidade da Água (AIQA).

O AIQA tem o objetivo de fornecer informações sobre a qualidade das águas através da consideração multimétrica de elementos de natureza diversa. Busca, portanto, a integração dos resultados das análises físico-químicas e biológicas na construção de uma estrutura que permita uma avaliação mais precisa em relação aos demais métodos encontrados na literatura, sobre a presença dos poluentes e dos seus efeitos nas comunidades aquáticas.

No cálculo do AIQA pretende-se avaliar três diferentes visões da qualidade. A avaliação físico-química tem por objetivo a quantificação da carga orgânica presente nos cursos d'água. A avaliação bacteriológica complementa esta análise pela indicação do grau de contaminação dos cursos d'água pelas bactérias do grupo coliforme. E a avaliação ecotoxicológica avalia o efeito deletério de agentes físicos ou químicos presentes na amostra ao microcrustáceo aquático *Daphnia magna* (bioindicador).

Para tanto, a metodologia utilizada para o cálculo do AIQA está baseada na análise multiobjetivo, através do método da Programação de Compromisso, o qual se baseia em uma noção geométrica do “melhor”. Neste método, são identificadas as soluções que estão mais próximas da solução ideal (E), representado na Figura 2.3, mediante o uso de uma medida de proximidade. Considera-se esta medida como sendo a distância que separa uma dada solução da ideal, ou seja, dos limites máximos estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, para as diferentes classes de enquadramento.

O ponto mais significativo desta estratégia baseia-se na sua flexibilidade de adaptação nas mais variadas soluções de aplicação, podendo-se considerar tantas variáveis quanto forem necessárias para a adequada calibração do modelo construído.

Para demonstrar a estruturação do método, será considerado o Princípio da Normalização, que permite a representação da escala de um indicador entre dois extremos, atribuindo o valor zero (0,0) para a pior condição possível da grandeza medida, e o valor unitário um (1,0) para a melhor condição possível. Quando se considera a possibilidade de trabalhar com duas grandezas (qualidade físico-química e microbiológica, por exemplo), aplicando o princípio da normalização, pode-se delimitar um espaço cartesiano limitado pelas retas $y=0$, $y=1$, $x=0$ e $x=1$ (Figura 2.2).

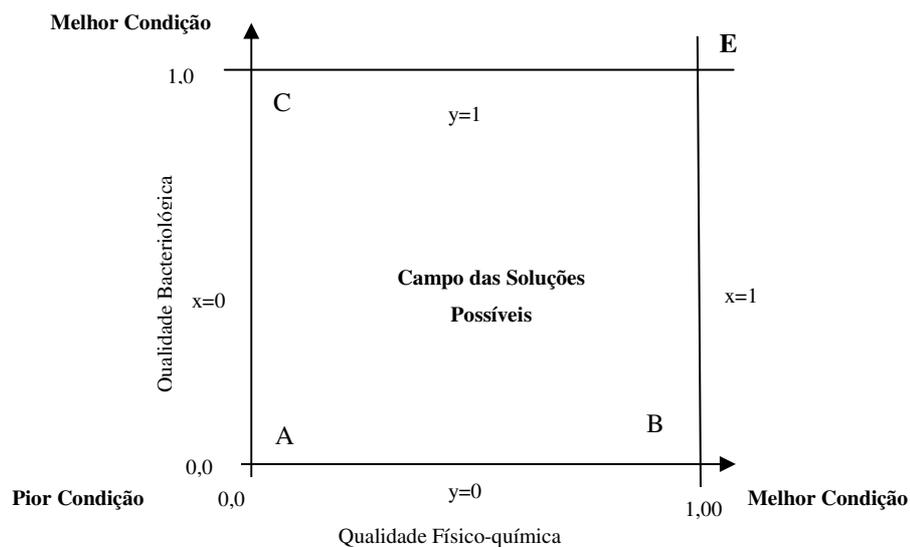


Figura 2.2 – Campo das soluções possíveis do Indicador de Qualidade Integrada

Fonte: Apostila IAP (2008)

Assim, estabeleceram-se três regiões de proximidade do ponto E, baseadas na consideração geométrica da equidistância a este ponto: região de “Boa Qualidade Integrada das Águas”, região de “Qualidade Razoável” e região de “Qualidade Ruim”, conforme apresentado na Figura 2.2.

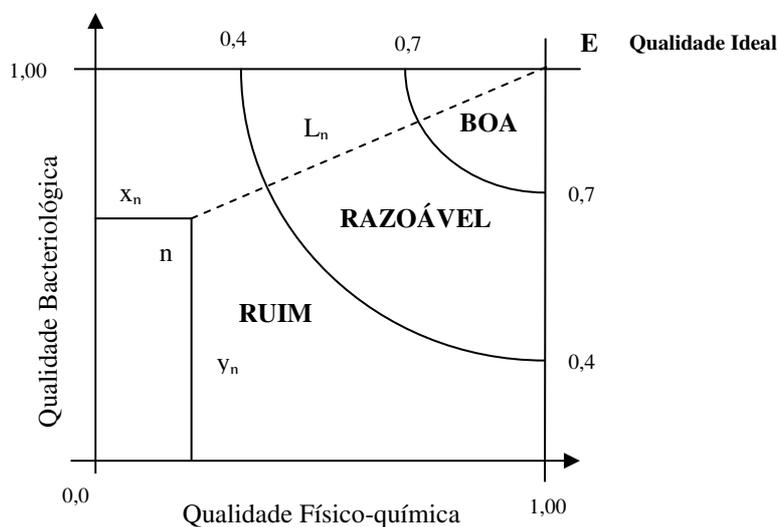


Figura 2.3 – Coordenadas cartesianas de um ponto hipotético em relação ao ponto de Qualidade Ideal

Fonte: Apostila IAP (2008)

Uma vez que o ponto de qualidade ideal das águas é conhecido, pode-se comparar os resultados de qualidade das águas em dois ou mais pontos amostrais e indicar sua distância

ao ponto E, ou mesmo observar qual delas está mais próxima a este ponto por meio do uso de métricas de proximidade específicas, com a distância euclidiana, por exemplo.

A maneira utilizada para a aplicação deste método é a operação dos dados em planilha eletrônica (APÊNDICE H). Após a coleta e análise laboratorial de um determinado ponto no rio, é necessário elaborar uma planilha para cada estação de amostragem contendo os resultados de campo e de laboratório para cada mês de coleta.

Na seqüência final de operações com a planilha, obtêm-se os valores normalizados referenciais do método AIQA, representado pela distância L_n na Figura 2.3. Para cada faixa de distância L , existe a equivalência às classes da Resolução CONAMA 357/2005, e uma cor indicativa, para serem utilizadas em mapas e diagramas. A distância L é a representação numérica resultante da integração dos valores normalizados, determinando o AIQA final.

A Figura 2.3 demonstra a possibilidade de definição de 3 classes de qualidade das águas, segundo sua proximidade ao ponto E, mas poderiam ser definidas infinitas classes de qualidade das águas de acordo com seus níveis de comprometimento. Entretanto, para simplificar os procedimentos de representação desta qualidade, serão consideradas sete categorias baseadas nas regiões de equidistância com o ponto E. Quanto mais afastado, maior o grau de poluição observado. A escala proposta para o indicador é representada na Tabela 2.3.

Nesta escala, procurou-se relacionar a condição de qualidade das águas refletida pela escala adotada com as classes de enquadramento constantes na Resolução CONAMA 357/2005, a fim de permitir uma avaliação dos trechos monitorados perante seus critérios. Deve-se, entretanto, notar que esta relação é aproximativa uma vez que os critérios de enquadramento não são lineares para todas as variáveis, além de apresentar variabilidade temporal, o que demandou o uso do conceito de “Classe Preponderante” dentro de cada período amostral considerado.

Tabela 2.3 – Descrições Numéricas do AIQA

Qualidade	Classe Equivalente CONAMA 357/2005	Cor Indicadora	Distância ao ponto E (AIQA)
Muito Boa	Classe 1	Azul claro	0,00 a 0,20
Boa	Classe 2	Verde claro	>0,20 a 0,40
Pouco poluída	Classe 3	Amarelo	>0,40 a 0,60
Medianamente poluída	Classe 3	Laranja claro	>0,60 a 0,80
Poluída	Classe 4	Laranja escuro	>0,80 a 1,00
Muito poluída	Fora de classe	Vermelho	>1,00 a 1,20
Extremamente poluída	Fora de classe	Roxo	>1,20

Fonte: Apostila IAP (2008)

2.3 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Os mananciais são fundamentais para o sistema de abastecimento das cidades. No entanto, a falta de planejamento para moradia, o crescimento urbano desordenado e a especulação imobiliária levam à ocupação irregular das áreas de mananciais, provocando a poluição de suas águas, tanto pelos esgotos quanto pelo lixo urbano e pelo uso agrícola e industrial, colocando em risco a qualidade da água que abastece a população.

Entende-se por poluição das águas 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, 2005).

Os poluentes podem alcançar as águas superficiais ou subterrâneas por meio do lançamento direto, precipitação, escoamento superficial ou infiltração. As fontes de poluição da água podem ser pontuais, quando o lançamento da carga poluidora é feito de forma concentrada em determinado local ou difusa, quando os poluentes alcançam o corpo receptor de modo disperso, não se determinando um ponto específico de introdução (MOTA, 1997).

VON SPERLING (2005) recomenda que a quantificação dos poluentes deva ser apresentada em termos de carga. A carga é expressa em termos de massa por unidade de tempo, e pode ser obtida multiplicando-se a concentração do parâmetro analisado pela vazão do corpo receptor, por meio da Equação 2.2.

$$C \text{ arg } a(Kg.dia^{-1}) = \frac{\text{concentração}(g.m^{-3}).\text{vazão}(m^3.dia^{-1})}{1.000(g.Kg^{-1})} \quad (\text{Eq. 2.2})$$

Para a avaliação do impacto da poluição e da eficácia das medidas de controle é necessário a quantificação das cargas poluidoras afluentes ao corpo d'água. Para tanto são necessários levantamentos de campo na área em estudo, incluindo amostragem dos poluentes, análises de laboratório, medição de vazões e outros. Caso não seja possível a execução de todos estes itens, pode-se complementar com dados de literatura (VON SPERLING, 2005).

Os corpos d'água podem ser caracterizados por diversos parâmetros que traduzem as suas principais características hidrológica, físico-química e biológica. A poluição de um meio aquático pode causar alteração nestas características. A perda da qualidade da água pode comprometer os seus usos preponderantes e conseqüentemente a sua classe de qualidade.

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. É devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos. A característica do esgoto é função dos usos ao qual a água foi submetida. Esses usos, e a forma com que são exercidos, variam com o clima, situação social e econômica e hábitos da população (VON SPERLING, 2005).

Embora os resíduos orgânicos sejam biodegradáveis, o lançamento desses dejetos pode causar uma depleção de oxigênio dissolvido nos lagos e rios, bem como gerar a proliferação de germes patogênicos que podem transmitir certas doenças de veiculação hídrica como a cólera, a febre tifóide, a disenteria bacilar, além de outras (OTTONI, 1999).

O deflúvio superficial urbano contém todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Na ocorrência de chuvas, os materiais acumulados em valas e bueiros são arrastados pelas águas pluviais para os cursos d'água superficiais, constituindo-se numa fonte de poluição, tanto maior quanto mais deficiente for a coleta de esgotos ou mesmo a limpeza pública (CETESB, 2008).

Apesar da gravidade, grande parte das cidades brasileiras não toma qualquer iniciativa em relação à poluição dos esgotos pluviais, uma vez que considera o esgoto cloacal como o maior problema. No entanto, durante uma cheia urbana, a carga de esgoto pluvial pode chegar até a 80% da carga do esgoto doméstico. Esse fato também foi observado por estudiosos da hidrologia qualitativa urbana, que passaram a considerar as águas pluviais como fontes de poluição tão relevantes que, muitas vezes, sua magnitude ultrapassava a dos esgotos sanitários (FAZANO, 2002 citado por OLIVEIRA, 2004).

A atividade industrial é grande consumidora de água, conseqüentemente, o seu rápido desenvolvimento traz grande aumento no consumo de água. Além disso, são geradoras de muitos poluentes, pois na maioria dos casos, os efluentes não recebem tratamento adequado, causando a poluição dos corpos d'água. Essa poluição pode ser decorrente da disposição de resíduos sólidos ou do lançamento de efluentes líquidos e também da poluição térmica, que é a descarga de efluentes a altas temperaturas (PERUÇO, 2004).

Outra poluição causada pela atividade industrial é o lançamento de efluentes com considerável carga de metais pesados e produtos tóxicos, que atingem os rios, podendo chegar às regiões estuarinas, e ser inserido dentro da cadeia alimentar, pode ter o homem como vértice, gerando sérios problemas de bio-acumulação, com efeitos deletérios ao sistema nervoso e riscos gerais de intoxicação. Estes aspectos negativos se tornam realçados quando a poluição hídrica intensa produz uma decomposição anaeróbia dos rejeitos humanos, havendo uma diminuição do pH da água e conseqüente aumento da solubilização dos metais, ampliando os riscos de toxidez à água (OTTONI, 1999).

A ocupação intensa dos solos na área rural conduz a um desequilíbrio ecológico dos corpos hídricos. O desenvolvimento agrícola e o pecuário necessitam de espaço físico, o que faz do desmatamento a primeira conseqüência prejudicial ao ambiente. Com isso, o solo desnudo fica exposto à lixiviação superficial e profunda. A primeira leva consigo a deposição orgânica de vegetais e sua microfauna associada. Já a segunda promove uma lavagem dos nutrientes nas camadas subseqüentes (CARVALHO *et al.*, 2000 citado por OLIVEIRA, 2004).

Tais processos resultam em empobrecimento do solo e conduzem o material para áreas mais baixas, que em geral convergem para rios e lagos, que pode acarretar aumento no uso de fertilizantes, desequilibrando o conteúdo de nutrientes no solo e expondo-o a contaminação química.

As atividades de desmatamentos e queimadas dos solos naturais, pelas atividades humanas, conduzem a um aumento excessivo no escoamento superficial da água no solo, com um conseqüente aumento na taxa de erosão e empobrecimento do mesmo. Este material rico em matéria orgânica atinge rapidamente os cursos d'água, aumentando o assoreamento dos mesmos (com prejuízos à navegação, elevação da taxa de eutrofização da massa d'água etc.), bem como podendo aumentar bruscamente o pico da vazão de cheia de uma chuva em um rio, gerando problemas diversos de extravazamento de calha e inundações (OTTONI, 1999).

Uma prioridade para a agricultura é o suprimento de água, o que conduz ao desenvolvimento desta atividade próximo a rios e lagos. Atividade de forrageamento intensivo ou semi-intensivo, bem como o manejo agrícola com uso de produtos que visam ao aumento de produção, gradualmente desgastam o solo exposto à escoamentos superficiais da água da chuva, ou até erosões profundas. Nos dois casos há uma entrada adicional de material edáfico (componentes do solo), que carregam matéria orgânica e inorgânica e eventuais compostos químicos (CARVALHO, 1996).

Estas alterações químicas e ecológicas no sistema aquático conduzem ao desequilíbrio da fauna e flora dos corpos de água, resultando em prejuízos econômicos para a região, que vão desde a diminuição de captura na pesca e substituição por espécies mais resistentes, porém de menor valor comercial, até o aumento do custo de aquisição e tratamento da água para consumo. É conhecido hoje que o tratamento de 1000m³ de água, em regiões pouco ou nada impactadas, tem um custo de US\$2,00, enquanto que para água degradada de regiões antropizadas o custo é de US\$8,00 (TUNDISI, 1999).

Reconhece-se que, na grande maioria dos sistemas de abastecimento das zonas rurais de países em desenvolvimento, existe uma contaminação fecal generalizada, sendo recomendado que o organismo nacional de vigilância sanitária estabeleça objetivos em médio prazo, para melhorar gradualmente o abastecimento (CEPIS/OMS, 2003, citado por LEMOS, 2004).

A poluição causada pela agricultura pode ocorrer de forma pontual ou difusa. A pontual refere-se, por exemplo, à contaminação causada pela criação de animais em sistemas de confinamento, em que grandes quantidades de dejetos são produzidos e lançados diretamente no ambiente ou aplicados nas lavouras. Já a poluição difusa é aquela causada principalmente pelo deflúvio superficial e a lixiviação. Já em situações em que os solos são

manejados de forma incorreta, poderá ocorrer a degradação das estruturas, favorecendo, então, o deflúvio superficial (MERTEN, 2002).

As fontes difusas de poluição, especialmente a agricultura, têm sido objeto de atenção em muitos países devido à dificuldade de se estabelecer procedimentos de avaliação de impactos ambientais e de adotar padrões aceitáveis, como outrora ocorreu com as fontes pontuais (SIMIS *et al.*, 1998). Embora estes autores enfatizem a complexidade das fontes difusas no mecanismo de transporte de fósforo em microbacias agrícolas, uma abordagem mais ampla, que envolva outras variáveis de qualidade de água deve ser considerada.

As práticas agrícolas perniciosas têm sido uma das principais responsáveis pela transformação de áreas férteis em desertos em todo o mundo, como é o caso do ocorrido, por exemplo, na região dos rios Tigre e Eufrates, que no passado eram áreas férteis e hoje são grandes desertos. A agricultura é um dos principais consumidores das águas de abastecimento; alguns milhões de Km² de terras têm sido irrigadas no mundo, havendo um aumento anual deste valor na taxa de 8% ao ano. Esta prática, quando excessiva, causa a salinização dos solos, o que dificulta o processo de osmose dos vegetais na absorção de água e nutrientes. Além disso, a agricultura quando executada sem um controle adequado, costuma gerar efeitos indiretos de poluição dos corpos d'água naturais, devido a utilização desordenada de pesticidas e fertilizantes (OTTONI, 1999).

A utilização de dejetos como fertilizante orgânico pode contribuir para a contaminação dos recursos hídricos, se as quantidades aplicadas forem superiores à capacidade do solo e das plantas de absorverem os nutrientes presentes nesses resíduos. Dessa forma, quando a capacidade de infiltração da água do solo for baixa, poderá haver contaminação das águas superficiais pelo deflúvio, contribuindo para acelerar o processo de eutrofização dos mananciais de águas naturais, sendo altamente impactante. Já se a infiltração da água no solo for elevada, haverá contaminação das águas subterrâneas (POTE *et al.*, 2001 citado por OLIVEIRA, 2004).

As atividades pecuárias em sistemas de confinamento, como a suinocultura, a pecuária de leite e a avicultura, contribuem, também, para a poluição dos recursos hídricos, devido à grande quantidade de dejetos produzidos que podem ser arrastados pelas águas pluviais. A amônia produzida do esterco animal, é em grande parte liberada para a atmosfera, sendo outra parte convertida em nitratos solúveis no solo pelas bactérias decompositoras. Considerando que os nitratos têm alta mobilidade (são solúveis em água e não se ligam a

partículas do solo), eles têm se tornado um dos principais poluentes da água subterrânea que, devido a este tipo de poluição, pode alcançar concentrações que vão exceder os limites permissíveis estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde para a água potável (OTTONI, 1999).

Segundo FELLEBERG (1980), isso acontece particularmente em pastagens com inclinação superior a 20° ou muito próximas dos rios. Esses dejetos são ricos em nitrogênio, fósforo, potássio e microrganismos. Os dois primeiros causam grande impacto no ecossistema aquático de superfície, acelerando o processo de eutrofização.

A degradação dos mananciais proveniente do deflúvio superficial agrícola ocorre principalmente devido ao aumento da atividade primária das plantas e algas em decorrência do aporte de nitrogênio e fósforo proveniente das lavouras e da produção animal em regime confinado. O crescimento excessivo de algas e plantas reduz a disponibilidade de oxigênio dissolvido nas águas, afetando adversamente o sistema aquático e causando, algumas vezes, a mortalidade de peixes (MERTEN, 2002).

Ainda segundo MERTEN (2002), além dos impactos causados aos ecossistemas aquáticos, o aumento dos níveis de nutriente na água pode comprometer sua utilização para abastecimento doméstico, devido a alterações no sabor e odor da água ou à presença de toxinas liberadas pela floração de alguns tipos de algas. Além das implicações causadas pelos nutrientes aos recursos hídricos, é necessário considerar, também, a contribuição dos agroquímicos e dos metais pesados.

O deflúvio superficial agrícola apresenta características diferentes. Seus efeitos dependem das práticas agrícolas utilizadas em cada região e da época do ano em que se realiza a preparação do terreno para o plantio, ou mesmo da aplicação de fertilizantes, defensivos agrícolas e até da colheita. A contribuição representada pelo material proveniente da erosão de solos intensifica-se quando da ocorrência de chuvas em áreas rurais (CETESB, 2008).

2.4 AUTODEPURAÇÃO DE CORPOS D'ÁGUA

O fenômeno da autodepuração está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos essencialmente naturais, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes. Deve ser entendido que o conceito de autodepuração apresenta a mesma relatividade que o conceito de poluição. Uma água pode ser considerada depurada,

sob um ponto de vista, mesmo que não esteja totalmente purificada em termos higiênicos, apresentando, por exemplo, organismos patogênicos (VON SPERLING, 2005).

No processo de autodepuração, transformações cíclicas e a decomposição biológica da matéria orgânica dos esgotos continuam nas águas receptoras, fenômenos esses aliados à ação de agentes naturais físicos, químicos e biológicos, fazem com que as águas retomem as características anteriores à poluição.

Processos naturais, como a dispersão de poluentes na água, dependem essencialmente do escoamento ou da hidrodinâmica da corrente. Porém, o próprio escoamento é dependente de fatores externos a ele, como características fisiográficas, meteorológicas, físico-químicas, antrópicas, biológicas, entre outras (CUNHA *et al.*, 2004).

Pode-se dizer que a capacidade de dispersão, diluição ou autodepuração de cada corpo de água corrente, é uma característica particular e, em seu próprio contexto, altamente variável. Daí decorre a dificuldade de se estudar características generalizadoras desses processos. VELZ (1984) citado por CUNHA *et al.* (2004), afirma que o caráter dos recursos hídrico é dinâmico e complexo (por exemplo, ressaltam-se as regiões estuarinas, com suas variações espaciais e temporais), e o equilíbrio estável no ambiente hidrológico é estabelecido por meio de interações complexas entre a água, o canal de escoamento e a cobertura de vegetação, os quais são relativamente variáveis no tempo.

A natureza dos sistemas de drenagem é radicalmente influenciada pela fisiografia (em uma bacia razoavelmente estável, os fatores determinantes como o clima, precipitação, temperatura, velocidade do vento, pressão de vapor, radiação solar, são altamente variáveis no tempo e no espaço), que induz a variações no escoamento e na capacidade de assimilação de resíduos (CUNHA *et al.*, 2004). Isto influencia nas características dos canais, os quais têm um papel maior sobre a dispersão, diluição ou autodepuração dos corpos de água.

A introdução de matéria orgânica em um curso de água resulta no consumo de oxigênio dissolvido. Isto se deve aos processos de estabilização da matéria orgânica realizados pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração. O decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido tem diversas implicações do ponto de vista ambiental, constituindo-se em um dos principais problemas de poluição das águas.

Após o lançamento dos resíduos nas águas, o curso de água poderá se recuperar por mecanismos puramente naturais, constituindo o fenômeno da autodepuração. É de grande importância o conhecimento do fenômeno de autodepuração e da sua quantificação. Isto permite quantificar a capacidade do corpo de água de assimilar a carga recebida.

Segundo BRAGA *et al.* (2004) o processo de autodepuração pode ser dividido em duas etapas: decomposição e recuperação do oxigênio dissolvido ou reaeração. Quando a matéria orgânica biodegradável é despejada no meio aquático, os decompositores fazem sua digestão por meio de mecanismos bioquímicos. Os seres decompositores aeróbios respiram o oxigênio dissolvido na água e passam a competir com os demais organismos. Como eles têm alimento à sua disposição e possuem requisitos de sobrevivência em termos de oxigênio dissolvido bastante baixo, ganham a competição. Com isso os peixes morrem e a população dos decompositores cresce rapidamente. É dessa forma que a matéria orgânica biodegradável causa poluição. O processo de autodepuração completa-se com a reposição, pela reaeração, desse oxigênio consumido.

Dentro de um enfoque prático, deve-se considerar que uma água esteja depurada quando as suas características não mais sejam conflitantes com a sua utilização prevista em cada trecho do curso d'água. Isto porque não existe uma depuração absoluta: o ecossistema atinge novamente o equilíbrio, mas em condições diferentes das anteriores, devido ao incremento da concentração de certos produtos e subprodutos da decomposição. Em decorrência destes compostos, a comunidade aquática se apresenta de uma forma diferente, ainda que em novo equilíbrio (VON SPERLING, 2005).

O oxigênio dissolvido tem sido utilizado tradicionalmente para a determinação do grau de poluição e de autodepuração em cursos d'água, sendo seu teor expresso em concentrações, quantificáveis e passíveis de modelagem matemática (VON SPERLING, 2005).

Ainda segundo VON SPERLING (2005) no processo de autodepuração, algumas zonas são fisicamente identificáveis, como a zona de degradação (2), a de decomposição ativa (3), a de recuperação (4) e a de águas limpas (1). Deve-se ressaltar que, à montante do lançamento dos despejos, tem-se a zona de águas limpas, caracterizada pelo seu equilíbrio ecológico e elevada qualidade da água. As Figuras 2.4, 2.5 e 2.6 apresentam o perfil dos três principais parâmetros ao longo das quatro zonas de autodepuração.

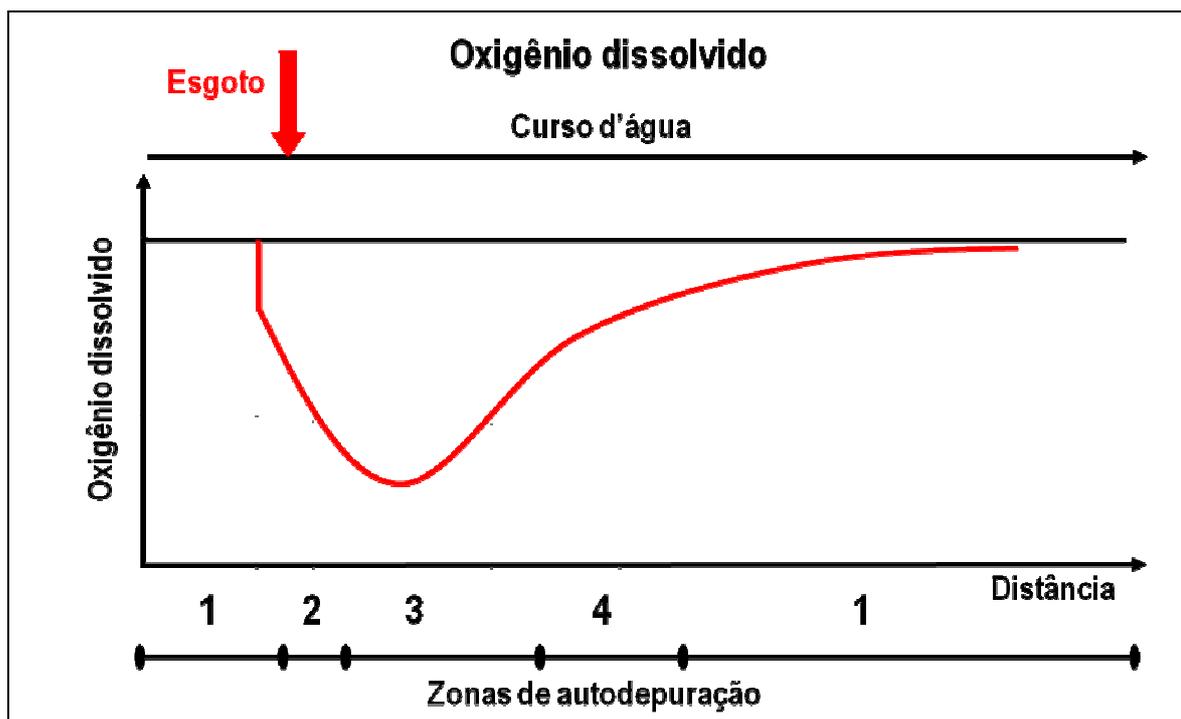


Figura 2.4 – Perfil esquemático da concentração de oxigênio dissolvido no curso d'água

Fonte: VON SPERLING (2005)

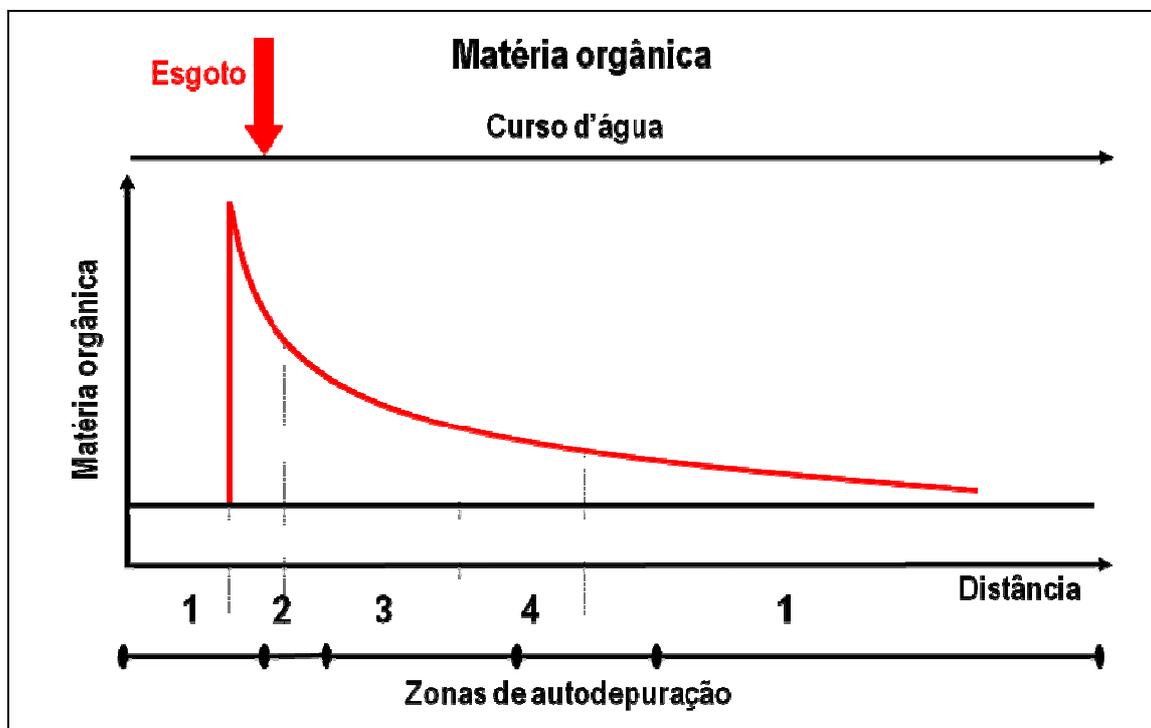


Figura 2.5 – Perfil esquemático da concentração da matéria orgânica no curso d'água

Fonte: VON SPERLING (2005)

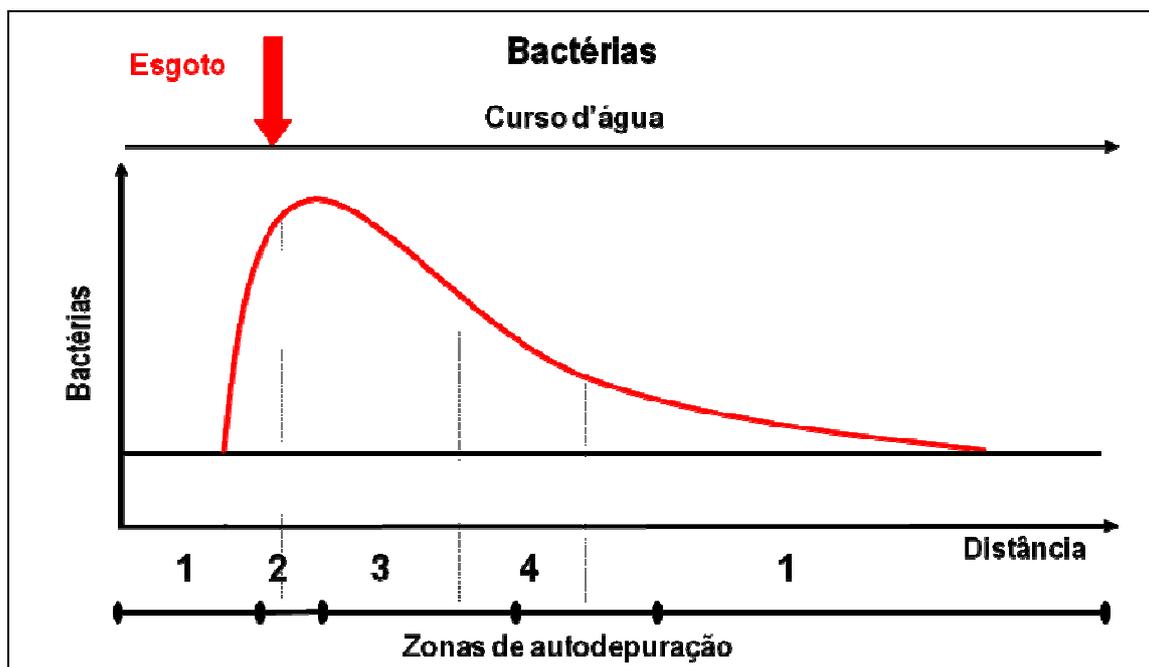


Figura 2.6 – Perfil esquemático da concentração de bactérias no curso d'água

Fonte: VON SPERLING (2005)

A zona de degradação tem início logo após o lançamento das águas residuárias no corpo d'água. Apresenta alta concentração de matéria orgânica, que gera a proliferação dos microrganismos aeróbios, que consomem o teor de oxigênio dissolvido, ainda suficiente à sobrevivência desses. No entanto, essa concentração de oxigênio decresce rapidamente com o tempo, perturbando o ecossistema e provocando a sedimentação de material sólido, levando, inclusive, à formação de bancos de lodo.

A zona de decomposição ativa ocorre quando há decomposição de matéria orgânica, ou seja, quando o ecossistema começa a se organizar. Nessa fase, a coloração da água é intensa, com lodo escuro no fundo. Devido a redução de alimento, a concentração de oxigênio dissolvido atinge o mínimo, reduzindo, assim, o número de bactérias decompositoras. Há predominância de nitrogênio na forma de amônia, provocando odores desagradáveis.

Após a fase de intenso consumo de matéria orgânica e de degradação do ambiente aquático, inicia-se a zona de recuperação. Nela não há despreendimento de gases e odores. Pelo fato da matéria orgânica estar quase toda estabilizada, o consumo de oxigênio é menor, diminuindo as condições anaeróbias. Os produtos predominantes são os nutrientes,

como o fósforo e o nitrogênio. Há a recuperação da flora e fauna aquáticas. A água tem aspecto mais claro e o lodo é mais granulado.

Na zona de águas limpas, as águas voltam a atingir as condições normais anteriores à poluição, pelo menos no que se diz respeito ao oxigênio dissolvido, à matéria orgânica e aos teores de bactérias e, provavelmente de organismos patogênicos. A aparência da água encontra-se similar àquela anterior à ocorrência da poluição. Algumas características indicam mudanças permanentes na qualidade da água, como o aumento nos compostos inorgânicos, como nitratos, fosfatos e sais dissolvidos, podendo resultar na intensa proliferação de algas.

Segundo TUCCI (1998), os modelos matemáticos são técnicas que permitem representar alternativas propostas e simular condições reais que poderiam ocorrer dentro de uma faixa de incertezas, inerentes ao conhecimento técnico-científico, sendo o modelo matemático de qualidade da água visto como um auxiliar valioso para simular alternativas. Torna-se possível, desta forma, prever a capacidade do sistema de receber efluentes, além de quantificar os impactos causados por determinadas ações.

Um dos principais modelos matemáticos aplicados à qualidade da água foi desenvolvido por H. S. Streeter e E. B. Phelps em 1925. A estrutura desenvolvida por eles (conhecida como o modelo de Streeter-Phelps) é clássica dentro da Engenharia Ambiental, servindo de suporte para todos os outros modelos mais sofisticados que o sucederam. Este modelo é utilizado para prever o déficit da concentração de oxigênio em um rio, causada pela descarga de águas residuárias. Os dados de entrada e de saída utilizados no modelo de Streeter-Phelps para o cálculo da autodepuração, segundo VON SPERLING (2005), estão apresentados a seguir.

2.4.1 Modelo de Streeter-Phelps

Obtenção dos dados de entrada do modelo

a) Vazão do curso d'água (Q_r)

A vazão mínima é utilizada para o planejamento da bacia hidrográfica, para a avaliação do cumprimento aos padrões ambientais do corpo receptor e para a alocação de cargas poluidoras. Assim, a determinação das eficiências requeridas para os tratamentos dos diversos lançamentos deve ser determinada nas condições críticas. Estas condições críticas

no corpo receptor ocorrem exatamente no período de vazão mínima, em que a capacidade de diluição é menor.

b) Vazão de esgotos (Q_e)

A vazão de esgotos considerada em estudos de autodepuração é usualmente a vazão média, sem coeficientes para a hora e o dia de menor consumo. A vazão de esgotos é obtida através dos procedimentos convencionais, utilizando-se dados de população, contribuição per capita, infiltração, contribuição específica (no caso de despejos industriais) etc.

c) Oxigênio dissolvido no rio, à montante do lançamento (OD_r)

O teor de oxigênio dissolvido em um curso d'água, à montante do lançamento dos despejos, é um produto das atividades na bacia hidrográfica à montante.

Caso não seja possível coletar amostras de água neste ponto, pode-se estimar a concentração de OD em função do grau de poluição aproximado do curso d'água. Se este apresentar poucos indícios de poluição, OD_r pode ser adotado, por segurança, como 80 a 90% do valor de saturação de oxigênio.

d) Oxigênio dissolvido no esgoto (OD_e)

Nos esgotos, os teores de oxigênio dissolvido são normalmente nulos ou próximos a zero. Isto se deve à grande quantidade de matéria orgânica presente, implicando em um elevado consumo de oxigênio pelos microrganismos decompositores. Assim, adota-se usualmente, nos cálculos de autodepuração, o OD do esgoto bruto como zero.

Caso o esgoto seja tratado, as seguintes considerações podem ser efetuadas:

- *Tratamento primário.* Efluentes de tratamento primário podem ser admitidos como tendo OD igual a zero.
- *Tratamento anaeróbio.* Efluentes de processos anaeróbios de tratamento possuem também um OD igual a zero.
- *Lodos ativados e filtros biológicos.* Efluentes desses sistemas sofrem aeração nos vertedores de saída dos decantadores secundários, podendo o OD subir a 2 mg/L ou mais. Se o emissário de lançamento final for longo, este oxigênio poderá vir a ser consumido, face à DBO remanescente do tratamento.

- *Lagoas facultativas*. Efluentes de lagoas facultativas podem apresentar teores médios de OD elevados, em torno de 5 a 6 mg/L., face à produção de oxigênio puro pelas algas.

e) *DBO₅ no rio, à montante do lançamento (DBO_r)*

A DBO₅ no rio, à montante do lançamento, é função dos despejos lançados ao longo do percurso até o ponto em questão. São aqui também válidas as considerações sobre campanhas de amostragem e a inclusão dos focos poluidores à montante, abordadas no item *c*.

f) *DBO₅ do esgoto (DBO_e)*

A concentração da DBO₅ dos esgotos domésticos brutos tem um valor médio da ordem de 300-350 mg/L. Pode-se estimar também a DBO dos esgotos domésticos através da divisão entre a carga de DBO₅ (KgDBO₅/d) e a vazão de esgotos (m³/d). A carga de DBO₅ é estimada pelo produto da população (hab) com a carga per capita de DBO₅ (da ordem de 0,045 a 0,060 KgDBO₅/hab.d, usualmente adotada como 0,054 gDBO₅/hab.d).

g) *Coefficiente de desoxigenação (K₁)*

O coeficiente de desoxigenação depende das características da matéria orgânica, além da temperatura e da presença de substâncias inibidoras. Efluentes tratados, por exemplo, possuem uma taxa de degradação mais lenta, pelo fato da maior parte da matéria orgânica mais facilmente assimilável, já ter sido removida, restando apenas a parcela de estabilização mais vagarosa. Valores médios de K₁ encontram-se apresentados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Valores típicos de K₁ (20°C)

Origem	K₁ (dia⁻¹)
Água residuária concentrada	0,35 – 0,45
Água residuária de baixa concentração	0,30 – 0,40
Efluente primário	0,30 – 0,40
Efluente secundário	0,12 – 0,24
Rios com águas limpas	0,09 – 0,21
Água para abastecimento público	<0,12

Fonte: VON SPERLING (2005)

A temperatura tem uma grande influência no metabolismo microbiano, afetando, por conseguinte, as taxas de estabilização da matéria orgânica. A relação empírica entre a temperatura e a taxa de desoxigenação pode ser expressa segundo a Equação 2.3.

$$K_{1T} = K_{1_{20}} \cdot 1,047^{(T-20)} \quad (\text{Eq. 2.3})$$

Em que:

K_{1T} - coeficiente de desoxigenação a uma temperatura T qualquer (d^{-1})

K_{1-20} - coeficiente de desoxigenação a uma temperatura $T=20^{\circ}\text{C}$ (d^{-1})

T – temperatura do líquido ($^{\circ}\text{C}$)

h) Coeficiente de reaeração (K_2)

A seleção do valor de K_2 tem uma maior influência nos resultados do balanço de oxigênio dissolvido do que o coeficiente K_1 , pelo fato das faixas de variação do último serem mais estreitas. Podemos obter o K_2 através de valores médios tabelados, apresentados na Tabela 2.5, ou utilizando fórmulas baseadas nas características hidráulicas do corpo d'água, relacionando K_2 com a profundidade e a velocidade do curso d'água. A Tabela 2.6 apresenta três das principais fórmulas, com faixas de atuação que se complementam.

Tabela 2.5 – Valores típicos de K_2 (20°C)

Corpo d'água	K_2 (dia^{-1})	
	Profundo	Raso
Pequenas lagoas	0,12	0,23
Rios vagarosos, grandes lagos	0,23	0,37
Grandes rios com baixas velocidades	0,37	0,46
Grandes rios com velocidade normal	0,46	0,69
Rios rápidos	0,69	1,15
Corredeiras e quedas d'água	>1,15	>1,61

Fonte: VON SPERLING (2005)

Tabela 2.6 – Valores do coeficiente K₂ (20°C) segundo modelos baseados em dados hidráulicos

Pesquisador	Fórmula	Faixa de aplicação
O'Connor e Dobbins (1958)	$3,73.v^{0,5}.H^{-1,5}$	0,6m < H < 4,0m
		0,05m/s < v < 0,8
Churchill <i>et.al</i> (1962)	$5,0.v^{0,97}.H^{-1,67}$	0,6m < H < 4,0m
		0,8m/s < v < 1,5m/s
Owens <i>et al</i> (apud Branco, 1976)	$5,3.v^{0,67}.H^{-1,85}$	0,1m < H < 0,6m
		0,05m/s < v < 1,5m/s

Fonte: VON SPERLING (2005)

O efeito da temperatura no coeficiente de reeração K₂ pode ser expresso pela Equação 2.4.

$$K_{2T} = K_{20} \cdot 1,024^{(T-20)} \quad (\text{Eq. 2.4})$$

Em que:

K_{2T} - coeficiente de reeração a uma temperatura T qualquer (d⁻¹)

K₁₋₂₀ - coeficiente de reeração a uma temperatura T=20°C (d⁻¹)

T – temperatura do líquido (°C)

i) Velocidade no curso d'água (v)

A velocidade da massa líquida no curso d'água pode ser estimada através de um dos seguintes métodos:

- medição direta no curso d'água;
- obtenção de dados em estações fluviométricas;
- Utilização de fórmulas hidráulicas para canais;
- correlação com a vazão.

j) Tempo de percurso (t)

No modelo de Streeter-Phelps, o tempo de percurso teórico que uma partícula gasta para percorrer determinado trecho é função unicamente da velocidade e da distância a ser vencida, obtido diretamente da Equação 2.5.

$$t = \frac{d}{v \cdot 8640000} \quad (\text{Eq. 2.5})$$

Em que:

t – tempo de percurso (d)

d – distância percorrida (m)

v – velocidade do curso d'água (m/s)

k) Concentração de saturação de OD (C_s)

O valor da concentração de saturação de OD é função da temperatura da água e da altitude, sendo que a elevação da temperatura e o aumento da altitude reduzem a concentração de saturação. A Tabela 2.7 apresenta a concentração de saturação de oxigênio na água limpa para diferentes temperaturas e altitudes.

Tabela 2.7 – Concentração de saturação de oxigênio (mg/L)

Temperatura (°C)	Altitude (m)			
	0	500	1000	1500
10	11,3	10,7	10,1	9,5
11	11,1	10,5	9,9	9,3
12	10,8	10,2	9,7	9,1
13	10,6	10,0	9,5	8,9
14	10,4	9,8	9,3	8,7
15	10,2	9,7	9,1	8,6
16	10,0	9,5	8,9	8,4
17	9,7	9,2	8,7	8,2
18	9,5	9,0	8,5	8,0
19	9,4	8,9	8,4	7,9
20	9,2	8,7	8,2	7,7
21	9,0	8,5	8,0	7,6
22	8,8	8,3	7,9	7,4
23	8,7	8,2	7,8	7,3
24	8,5	8,1	7,6	7,2
25	8,4	8,0	7,5	7,1
26	8,2	7,8	7,3	6,9
27	8,1	7,7	7,2	6,8
28	7,9	7,5	7,1	6,6
29	7,8	7,4	7,0	6,6
30	7,6	7,2	6,8	6,4

Fonte: VON SPERLING (2005)

l) Oxigênio dissolvido mínimo permissível (OD_{min})

Os teores de oxigênio dissolvido a serem mantidos nos corpos d'água são estipulados através de legislação. Os valores variam em função da classe em que o corpo d'água está classificado. Segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA, os teores mínimos permissíveis de oxigênio dissolvido nos corpos d'água, em função da classe a que pertencem, são apresentados na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Teores mínimos permissíveis de oxigênio dissolvido

Classe	OD mínimo (mg/L)
Especial	Não são permitidos lançamentos
1	6,0
2	5,0
3	4,0
4	2,0

Fonte: VON SPERLING (2005)

Obtenção dos dados de saída do modelo de Streeter-Phelps

a) Concentração e déficit de oxigênio no rio após a mistura com o despejo

$$C_0 = \frac{Q_r \cdot OD_r + Q_e \cdot OD_e}{Q_r + Q_e} \quad (\text{Eq. 2.6})$$

$$D_0 = C_s - C_0 \quad (\text{Eq. 2.7})$$

Em que:

C_0 - concentração inicial de oxigênio, no ponto de mistura (mg/L)

D_0 - déficit inicial de oxigênio, no ponto de mistura (mg/L)

C_s - concentração de saturação de oxigênio (mg/L)

Q_r - vazão do rio à montante do lançamento dos despejos (m^3/s)

Q_e - vazão de esgotos (m^3/s)

OD_r - concentração de oxigênio dissolvido no rio, à montante do lançamento (mg/L)

OD_e - concentração de oxigênio dissolvido no esgoto (mg/L)

b) Cálculo da DBO₅ e da demanda última no rio após a mistura com o despejo

$$DBO5_o = \frac{(Q_r \cdot DBO_r + Q_e \cdot DBO_e)}{Q_r + Q_e} \quad (\text{Eq. 2.8})$$

$$K_T = \frac{1}{1 - e^{-5K_1}} \quad (\text{Eq. 2.9})$$

$$L_0 = DBO5_o * K_T \quad (\text{Eq. 2.10})$$

Em que:

DBO_{5o} - concentração de DBO₅, no ponto de mistura (mg/L)

L_o - demanda última de oxigênio, logo após a mistura (mg/L)

DBO_r - concentração de DBO₅ do rio (mg/L)

DBO_e - concentração de DBO₅ do esgoto (mg/L)

K_T - constante para transformação da DBO₅ a DBO última

c) Tempo crítico e distância crítica

$$t_c = \frac{1}{k_2 - k_1} \ln \left\{ \frac{k_2}{k_1} \left[1 - \frac{D_0 (k_2 - k_1)}{L_a \cdot k_1} \right] \right\} \quad (\text{Eq. 2.11})$$

$$d_c = t_c \cdot v \cdot 86400 \quad (\text{Eq. 2.12})$$

Em que:

t_c - tempo de percurso até o ponto crítico (dias)

d_c - distância crítica (Km)

K₁ - coeficiente de desoxigenação (d⁻¹)

K₂ - coeficiente de reaeração (d⁻¹)

V - velocidade (m/s)

L_o - demanda última de oxigênio, logo após a mistura (mg/L)

D₀ - déficit inicial de oxigênio dissolvido, no ponto de mistura (mg/L)

d) Déficit crítico e concentração crítica de oxigênio dissolvido

$$D_c = \frac{K_1}{K_2} \cdot L_a \cdot e^{-K_1 \cdot t_c} \quad (\text{Eq. 2.13})$$

$$OD_c = C_s - D_c \quad (\text{Eq. 2.14})$$

Em que:

D_c - déficit crítico de oxigênio dissolvido nas águas do rio (mg/L)

t_c - tempo de percurso até o ponto crítico (dia)

K_1 - coeficiente de desoxigenação (d^{-1})

K_2 - coeficiente de reaeração (d^{-1})

L_0 - demanda última de oxigênio, logo após a mistura (mg/L)

OD_c - concentração de saturação de oxigênio (mg/L)

C_s - concentração de saturação de oxigênio (mg/L)

e) Perfil de oxigênio dissolvido ao longo do tempo e da distância

$$C_c = C_s - \left[\frac{K_1 \cdot L_0}{K_2 - K_1} \cdot (e^{-K_1 \cdot t} - e^{-K_2 \cdot t}) + D_0 \cdot e^{-K_2 \cdot t} \right] \quad (\text{Eq. 2.15})$$

Em que:

D_0 - déficit inicial de oxigênio dissolvido, no ponto de mistura (mg/L)

t - tempo (dia)

K_1 - coeficiente de desoxigenação (d^{-1})

K_2 - coeficiente de reaeração (d^{-1})

L_0 - demanda última de oxigênio, logo após a mistura (mg/L)

A curva do perfil de oxigênio dissolvido em função da distância de percurso é em forma de S, como mostra a Figura 2.7.

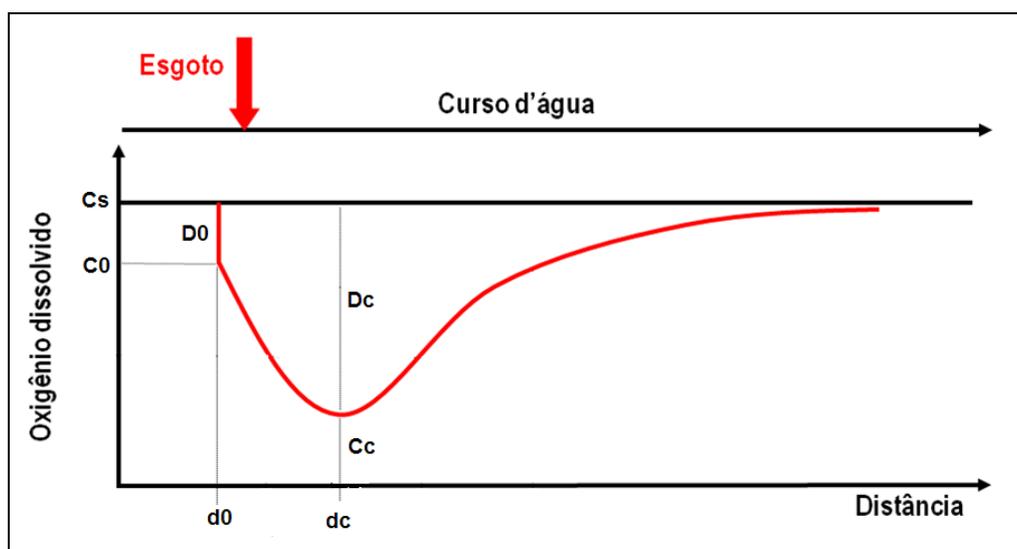


Figura 2.7 – Pontos característicos da curva de depleção de OD

No perfil identificam-se os pontos principais, que são a concentração inicial de oxigênio dissolvido logo após a mistura (C_0); a concentração de saturação (C_s); a concentração crítica (C_c); a distância no ponto de lançamento (d_0) e a distância crítica (d_c).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta os resultados de estudos realizados por pesquisadores que avaliaram a qualidade da água do ribeirão Morangueiro e de outros corpos d'água com características semelhantes, utilizando as mesmas ferramentas para a análise.

OLIVEIRA (2004) analisou a qualidade das águas do ribeirão Morangueiro por meio da quantificação de parâmetros físico-químicos e biológicos e avaliou-a por meio do índice de qualidade da água (IQA). Os resultados encontrados para o ribeirão Morangueiro foram: pH entre 7,2 à 7,8; temperatura entre 17,3°C e 28,9°C ; a turbidez variou entre 0,0 e 850 UNT; as concentrações de OD variaram entre 5,71 e 7,96 mg/L; as de sólidos totais variaram entre 147 e 225mg/L; as de amônia variaram entre 0,14 e 6,52 mg/L; as de nitrito variaram entre 0,081 e 1,357 mg/L; as de nitrato entre 0,0 e 100mg/L; as de fósforo variaram entre 0,6 e 1,6 mg/L; os valores de coliformes fecais ficaram entre 16.950 e 83.050 NMP/100mL, o que significa que o ribeirão Morangueiro não está em conformidade com a classe 2 de qualidade, estabelecida pela Resolução 357/05 do CONAMA. O índice de qualidade da água apresentou-se ruim na maioria dos pontos analisados. A evidência de lançamentos de esgotos domésticos, pouco ou não tratados, foi constatada pelos indicadores de poluição orgânica e coliformes fecais. Essa recepção de efluentes pode ser considerada a principal causa de interferência no equilíbrio ecológico deste ribeirão.

ALVES (2006) monitorou a qualidade da água da bacia do alto rio Pirapó por meio da avaliação de parâmetros físico-químicos e biológicos, com o objetivo de comparar os resultados obtidos com os valores estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA para corpos de água doce de Classe 2 e determinou o IQA do rio Pirapó para o trecho monitorado. A turbidez apresentou variações de 10 a 180 UNT; as concentrações de OD apresentaram variações entre 4,05 a 9,6 mg/L; as de sólidos ficaram entre 94 e 588 mg/L; as de nitrogênio amoniacal ficaram entre 0,0 a 0,239 mg/L; as de nitrito entre 0,003 e 0,825 mg/L; as de nitrato entre 0 e 40mg/L; as de fósforo total entre 0,033 e 0,494 mg/L; as da DBO entre 2,0 e 9,2 mg/L e as de coliformes fecais entre 0,0 e 3.000 NMP/100mL. A variação da qualidade da água permaneceu entre 14 e 37, ou seja, a água foi considerada de má qualidade. Os resultados dos parâmetros analisados indicavam que a água do rio

Pirapó, no trecho monitorado, não poderia ser classificada como Classe 2, mas sim na Classe 4, que são águas destinadas apenas à navegação e à harmonia paisagística.

SCHNEIDER (2008) monitorou as características químico-físicas e biológicas do córrego Mandacaru, do córrego Romeira, do ribeirão Maringá e do médio curso do rio Pirapó, classificados como classe 2 pela Resolução 357/05 do CONAMA e determinou o índice de qualidade da água (IQA) para avaliar a qualidade da água do trecho monitorado. Os resultados encontrados foram: pH entre 6,4 e 8,8; turbidez entre 31 e 90 UNT; concentração mínima de oxigênio dissolvido igual a 4,2 mg/L; concentração máxima de nitrito igual a 4,5 mg/L e de nitrato 6,4 mg/L; concentração máxima de nitrogênio igual a 1,06 mg/L; números de coliformes fecais entre 3.500 e 210.000 UFC/100mL; concentração máxima da DBO igual a 18,3 mg/L; concentração máxima de fósforo igual a 2,04 mg/L e concentração máxima de sólidos totais igual a 662 mg/L. Como a maior parte dos parâmetros de qualidade analisados, encontravam-se fora do limite estabelecido pelo CONAMA, a bacia do médio curso do rio Pirapó não poderia ser classificada como classe 2 de qualidade. Os resultados encontrados para o IQA indicavam que a qualidade da água dos córregos Mandacaru e Romeira e do rio Pirapó encontravam-se regular, e do ribeirão Maringá encontrava-se ruim.

COLUNA *et al.* (2007) avaliaram a qualidade físico-química da água da bacia hidrográfica do córrego Zerede, no município de Timóteo, em Minas Gerais. Buscou-se classificar as variáveis estudadas na resolução 357/2005 do CONAMA. Os resultados encontrados foram: pH na faixa entre 6 e 9; o oxigênio dissolvido ficou entre 5mg/L e 10mg/L. A DQO ficou em torno de 40mg/l no período seco, e alcançou o valor de 180mg/L no período chuvoso. Classificando o curso d'água por meio do oxigênio dissolvido, verificou-se que todos os pontos permaneceram dentro da Classe 1 do CONAMA na estação chuvosa e na estação seca os resultados variaram entre as Classes 1 e 3.

CARVALHO *et al.* (2004) utilizaram o índice de qualidade das águas (IQA), com base nos parâmetros químico-físicos e biológicos, para investigar a qualidade da água do ribeirão Ubá, na cidade de Ubá, em Minas Gerais e verificar o seu enquadramento dentro das classes de qualidade da Resolução 357/05 do CONAMA. A captação de água da cidade e a descarga de esgoto doméstico eram feitas neste ribeirão, bem como o despejo de efluentes industriais. Os resultados obtidos indicavam que o ribeirão Ubá não poderia ser classificado como classe 2 de qualidade, sendo enquadrado na classe 4. Em relação ao

IQA, verificou-se que a qualidade da água se encontrava com o nível de qualidade média, anterior à área urbana, e muito ruim a partir deste ponto.

CARVALHO *et al.* (2000) avaliaram, por meio do IQA, a qualidade da água no ribeirão do Onça e ribeirão do Feijão no município de São Carlos, no estado de São Paulo, inseridos em uma bacia com intensiva atividade agropecuária. Os resultados encontrados para o IQA revelaram uma variação sazonal na qualidade da água, sendo classificada como aceitável no inverno (IQA=42) e imprópria no verão (IQA=23) no ribeirão da Onça, enquanto que no ribeirão do Feijão a água tinha qualidade ótima no inverno (IQA=84) e qualidade boa no verão (IQA=61).

SILVA *et al.* (2007) avaliaram a qualidade da água do arroio Cadena na cidade de Santa Maria no Rio Grande do Sul, classificado como classe 2 pela Resolução 357/05 do CONAMA. A bacia que o arroio está inserido apresenta uso e ocupação diversificada, representada pelos setores residencial, comercial, industrial e atividades agropecuárias. As variáveis de qualidade da água foram analisadas frente aos padrões estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA. Para a interpretação da qualidade, foram determinados os índices de qualidade da água (IQA). As principais variáveis de qualidade da água analisadas, apresentaram valores que não atendem aos padrões de enquadramento na classe 2. Os resultados da água indicaram que a qualidade variou de ruim a muito ruim, sendo o lançamento de efluentes domésticos a principal causa da degradação da qualidade das águas.

PALMA-SILVA *et al.* (2007) estudaram a capacidade de autodepuração de um trecho do rio Corumbataí, no estado de São Paulo, por meio dos parâmetros DBO, DQO, NT, PT e OD. O rio está enquadrado na classe 2 de qualidade de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, mas apresentava características que, em alguns trechos, o enquadravam na classe 4. Estas condições eram decorrentes da falta de tratamento de 100% do esgoto produzido na cidade de Rio Claro e pelos impactos causados pela mineração e agroindústrias. O rio Corumbataí, no trecho estudado, possuía uma taxa de depuração alta, sendo no período seco/frio, era de aproximadamente 70,3%.

SCALIZE *et al.* (2002) avaliaram, em termos da depressão de oxigênio dissolvido, a capacidade de autodepuração do ribeirão das Cruzes após receber efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgotos do município de Araraquara. Pelo fato do ribeirão das Cruzes estar enquadrado como rio classe 4, o limite de oxigênio dissolvido, segundo o

decreto Estadual 8468, é de 0,5 mg/L. Concluiu-se que o ribeirão das Cruzes apresentava capacidade de autodepuração em termos de OD, sendo que o menor valor encontrado foi próximo de 2,0 mg/L, porém não atingiu sua condição original antes de desaguar no rio Jacaré-Guaçu. Esse fato é decorrente da baixa vazão do rio, o que faz com que alguns parâmetros aumentem sua concentração.

MACHADO *et al.* (2006) estudaram o grau de poluição e a autodepuração do ribeirão Piampu localizado no município de Ijaci em Minas Gerais. Foram medidos alguns parâmetros físico-químicos relacionados à qualidade da água, tais como pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e sólidos, em pontos à montante e jusante do lançamento da estação de tratamento de esgoto municipal e de um laticínio. O valor máximo encontrado para a DBO foi de 7,7 mg/L após o laticínio; a concentração máxima de sólidos totais após a ETE foi de 380 mg/L; a concentração mínima de OD foi de 2,26 mg/L e a autodepuração começa a ocorrer a partir de nove dias. Os resultados obtidos permitiram concluir que o ribeirão Piampu está com a sua qualidade comprometida, à medida que recebe o lançamento de efluente de esgoto doméstico e do laticínio.

SARDINHA *et al.* (2008) avaliaram as possíveis entradas antropogênicas nas águas superficiais do ribeirão do Meio, no município de Leme em São Paulo. As características físico-químicas analisadas foram: temperatura, turbidez, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais dissolvidos (STD) e em suspensão (STS). Os resultados obtidos para os parâmetros de qualidade analisados foram: pH entre 6,8 e 7,5; valor máximo de turbidez foi de 34 UNT; a concentração máxima de STD foi de 544 mg/L e de STS foi de 36mg/L; a concentração mínima de OD foi de 1,4 mg/L. O ribeirão do Meio é enquadrado na Classe 2 de qualidade da Resolução 357/05 do CONAMA, e suas características deveriam ser compatíveis com essa classe, porém os parâmetros físico-químicos analisados indicaram que isto não ocorre. A modelagem utilizando o QUAL2K permitiu concluir que a autodepuração só ocorria 5 Km após a sua foz no rio Mogi-Guaçu, onde a concentração de oxigênio dissolvido voltava a atingir o valor de 5,0 mg/L, valor recomendado pela Resolução 357/05 do CONAMA para os rios de Classe 2; para que o ribeirão do Meio consiga a autodepuração na sua foz, o modelo indicava a necessidade de tratamento de esgoto em nível secundário, com eficiência de 76% de remoção de DBO.

MELLO *et al.* (2002) avaliaram os impactos sanitários e ambientais causados pelo lançamento de esgoto doméstico no rio Manhuaçu, localizado na cidade de Manhuaçu em

Minas Gerais, e sua influência na qualidade das águas. Para a realização do estudo, foram realizadas análises de água para a determinação das concentrações da DBO, DQO, OD, fósforo total, e coliformes fecais e totais. Também foram realizadas medidas de vazões. Os resultados encontrados foram: a concentração mínima de OD foi de 2,0mg/L; a máxima concentração da DBO foi de 7,12mg/L; o maior valor de coliformes fecais foi de 30.000 NMP/100mL e a maior concentração de fósforo foi de 0,114 mg/L. Estes resultados levaram à concluir que o lançamento de esgotos domésticos no rio Manhuaçu causava um grande impacto ambiental e sanitário no rio, à jusante da cidade. Nos meses de menor vazão, os parâmetros de qualidade da água analisados, assumiram os piores valores.

4 METODOLOGIA

4.1 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Definiu-se como área de estudo a bacia do ribeirão Morangueiro (APÊNDICE A), pelo fato de ser um dos principais afluentes da bacia do alto rio Pirapó. Possuindo uma área de drenagem de 41,9Km², apresenta uso e ocupação diversificada, representada pelos setores residencial, comercial e atividades agrícolas. A vegetação primitiva em toda a extensão da bacia e de seus afluentes era floresta tropical, mas verificou-se que atualmente a cobertura vegetal da área agrícola é feita por cultivos de culturas como soja, trigo e milho. A vegetação de mata ciliar está praticamente inexistente, devido à ocupação e uso inadequados do solo, que causam alterações na vazão do escoamento pluvial, acelerando o processo erosivo das margens do ribeirão e seus afluentes. Sua bacia está situada em área de relevo escalonado em que as baixas declividades são amplamente dominantes e o solo é espesso e permeável.

O ribeirão Morangueiro tem sua nascente na área urbana, no parque Alfredo Nyffeler, na região nordeste da cidade de Maringá e ao longo de seu curso recebe o efluente de uma das estações de tratamento de esgoto do município e possui uma extensão de 12,5 Km de direção nordeste–sudeste, até desaguar no ribeirão Sarandi, que tem sua foz situada no rio Pirapó, à jusante da captação de água que abastece esta cidade.

No primeiro semestre de 2008 foram estabelecidos cinco pontos de coleta, sendo quatro localizados no ribeirão Morangueiro (pontos 1,2,3 e 4) e um localizado no ribeirão Sarandi (ponto 5), de modo a diagnosticar, por meio do monitoramento, a influência do lançamento do esgoto tratado, proveniente da estação de tratamento (ETE 03), no ribeirão Morangueiro.

No segundo semestre de 2008, foi feita uma alteração nos pontos de coleta, sendo que os pontos 1,2 3 permaneceram inalterados; o ponto 4 foi substituído pelo ponto 6, ainda no ribeirão Morangueiro e o ponto 5 foi substituído pelos pontos 7 e 8, ambos situados no ribeirão Sarandi, sendo um antes e outro logo após a confluência desse com o ribeirão Morangueiro, com o objetivo de se obter uma diagnóstico preciso da influência que as águas do ribeirão Morangueiro exercem sobre as águas do ribeirão Sarandi.

Os pontos foram definidos levando-se em conta a acessibilidade ao local (existência de estradas, pontes), a distância e o tempo de transporte das amostras entre os locais de amostragem e o laboratório, que não poderiam exceder 4 horas devido ao ensaio do pH. A coleta e a preservação das amostras seguiram os procedimentos recomendados na NBR 9898/97.

A Tabela 4.1 localiza os pontos de amostragem nos ribeirões Morangueiro e Sarandi.

Tabela 4.1 – Localização dos pontos de amostragem

Ponto	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Localização	Uso predominante do solo
1	23°23'19,32"	51°53'43,23"	457	Ribeirão Morangueiro	Agrícola e Urbano
2	23°22'19,00"	51°53'14,95"	443	Ribeirão Morangueiro	Agrícola
3	23°21'50,21"	51°52'54,57"	437	Ribeirão Morangueiro	Agrícola
4	23°21'02,15"	51°51'54,44"	418	Ribeirão Morangueiro	Agrícola
5	23°19'44,58"	51°50'46,64"	389	Ribeirão Sarandi	Agrícola
6	23°20'14,32"	51°51'01,49"	393	Ribeirão Morangueiro	Agrícola
7	23°20'13,93"	51°51'01,31"	392	Ribeirão Sarandi	Agrícola
8	23°20'13,70"	51°51'01,66"	391	Ribeirão Sarandi	Agrícola

O ponto 1 ficava localizado à 3.500m da nascente do ribeirão Morangueiro e 2.000m à montante da estação de tratamento de esgoto (ETE), no limite da área urbana com a rural; o ponto 2 localizava-se à 200m após a ETE; o ponto 3 estava localizado à 1.200m à jusante da ETE; o ponto 4 localizava-se à 3.500m à jusante da ETE; o ponto 6 foi fixado à 5.500m à jusante da ETE; o ponto 7 estava localizado no ribeirão Sarandi, à 100m antes da confluência desse com o ribeirão Morangueiro; o ponto 8 localizava-se à 200m após a confluência do ribeirão Morangueiro com o ribeirão Sarandi e o ponto 5 localizava-se à 7.500m da ETE e 200m da foz do ribeirão Sarandi. A Figura 4.1 contextualiza os pontos de amostragem.



Figura 4.1 – Mapa de localização dos pontos de amostragem

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O monitoramento foi realizado mensalmente no período de janeiro a dezembro de 2008, nos pontos pré-determinados. A coleta das amostras de água para a determinação das características físico-químicas e biológicas era realizada simultaneamente às medidas de vazão. As variáveis de qualidade da água foram analisadas frente aos padrões estabelecidos na Resolução n°. 357/2005 do CONAMA, conforme indica a Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Padrão de Qualidade – Águas Doces – Classe 2

PARÂMETROS	LIMITES
pH	6 a 9
Temperatura (°C)	Jusante $\geq 3^{\circ}\text{C}$ de Montante
Turbidez	≤ 100 UNT
Oxigênio Dissolvido	≥ 5 mg/L
Fósforo Total	$\leq 0,05$ mg/L
Sólidos dissolvidos totais	≤ 500 mg/L
Nitrogênio amoniacal total (mgL ⁻¹)	$\leq 3,7$ para pH $\leq 7,5$
	$\leq 2,0$ para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
	$\leq 1,0$ para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
	$\leq 0,5$ para pH $> 8,5$
Nitrito	$\leq 1,0$ mg/L
Nitrato	$\leq 10,0$ mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	≤ 5 mg/L
Coliformes Termotolerantes /100ml	≤ 1.000
Alumínio dissolvido	$\leq 0,1$ mg/L
Cádmio total	$\leq 0,001$ mg/L
Cobre dissolvido	$\leq 0,009$ mg/L
Cromo Total	$\leq 0,05$ mg/L
Níquel	$\leq 0,025$ mg/L
Zinco	$\leq 0,18$ mg/L

Fonte: Resolução 357/2005 do CONAMA

4.2.1 Metodologia Analítica

As análises físico-químicas e biológicas eram realizadas no Laboratório de Saneamento e Meio Ambiente do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá, e as análises dos metais eram realizadas no Laboratório de Agroquímica e Meio Ambiente do Departamento de Química da mesma instituição. Ambos seguiram a metodologia descrita pelo APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20^a edição.

Tabela 4.3 – Instrumentos utilizados nas análises

PARÂMETROS	INSTRUMENTO / MODELO / MARCA
Potencial Hidrogeniônico	pH-metro digital / PG 2000 / Gehaka
Temperatura da água	termômetro de mercúrio / Incoterm
Turbidez	turbidímetro / AP 200 / Policontrol
Oxigênio Dissolvido	oxímetro / DM-4P / Digimed
Fósforo Total	digestor Sptroquanti / TR 6210 / Merck spectrofotômetro / Nova 400 / Merck
Sólidos Dissolvidos Totais	estufa de secagem / 315-SE / Fanem
Nitrogênio Amoniacal	spectrofotômetro / Nova 400 / Merck
Nitrito	spectrofotômetro / Nova 400 / Merck
Nitrato	spectrofotômetro / Nova 400 / Merck
Demanda Bioquímica de Oxigênio	oxímetro / DM-4P / Digimed incubadora / 411-D / Nova Ética
Coliformes Totais e Termotolerantes	estufa de cultura / 002CB / Fanem seladora Tray Sealer / 2X / Spectroline lâmpada ultravioleta / EA-160

Metais Pesados

No primeiro semestre de 2008 foram realizadas análises para a determinação das concentrações dos indicadores de poluição por substâncias tóxicas de alguns metais pesados (alumínio, cádmio, cobre, cromo, níquel e zinco), sendo que no segundo semestre de 2008 estas análises não foram realizadas, devido aos valores encontrados no primeiro semestre não serem significativos ou não serem detectados nas amostras de água, com exceção do alumínio, que foi encontrado valores acima do limite estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA.

4.2.2 Índice de Qualidade da Água

A partir dos parâmetros físico-químicos e biológicos obtidos, foi possível calcular o índice de qualidade das águas (IQA) para os ribeirões Morangueiro e Sarandi. No primeiro semestre de 2008, foi possível calcular o IQA apenas para os pontos 1 e 2, pois nos demais pontos não havia sido analisado os 9 parâmetros de qualidade necessários para o cálculo do IQA. Este índice foi calculado segundo a metodologia National Sanitation Foundation dos

Estados Unidos da América, modificado pela CETESB, descrito no item 2.3, utilizando as funções polinomiais apresentadas no APÊNDICE B.

4.2.3 Avaliação Integrada da Qualidade da Água

A metodologia desenvolvida pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), descrita no item 2.4, para a Avaliação Integrada da Qualidade da Água, foi utilizada apenas no segundo semestre de 2008, pelos mesmos motivos descritos no item anterior.

4.2.4 Vazão e carga poluidora

O cálculo da vazão nos pontos de coleta foi realizado por meio de medição indireta, multiplicando-se a velocidade de escoamento da água pela área do perfil da seção transversal ao fluxo.

A velocidade da água do ribeirão foi calculada utilizando o micro-molinete da marca Hidrologia. Para cada ponto de coleta, mediu-se o número de giros que a hélice do molinete deu em um espaço de tempo de 50 segundos, em três profundidades (20, 60 e 80% da altura da lâmina d'água). Calculou-se a velocidade por meio da Equação 4.1 e obteve-se a velocidade média por meio da Equação 4.2.

Para a determinação da área da seção transversal nos pontos de amostragem, foram medidos os níveis da água a cada 50cm e depois traçado o perfil do ribeirão em cada ponto de coleta. As áreas dos perfis das seções transversais ao rio, nos pontos de coleta, estão apresentadas no APÊNDICE C.

$$v = 0,0993.N + 0,341 \quad (\text{Eq. 4.1})$$

$$v_{\text{media}} = \frac{v_{0,2} + 2.v_{0,6} + v_{0,8}}{4} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

Em que:

v = velocidade (m/s)

$$N = \frac{\text{pulsos}}{50}$$

A carga poluidora foi obtida multiplicando-se a concentração de cada parâmetro analisado pela vazão do corpo receptor em cada ponto, por meio da Equação 2.2 apresentada no capítulo 2.

4.2.5 Autodepuração

Para o estudo da autodepuração do ribeirão Morangueiro foi utilizado o modelo de Streeter-Phelps, descrito no item 2.7, realizado apenas no segundo semestre de 2008, pois antes não estavam sendo realizadas análises de oxigênio dissolvido. Este modelo é utilizado para prever o déficit da concentração de oxigênio em um rio, causada pela descarga de águas residuárias, neste caso, o da estação de tratamento de esgoto do município de Maringá (ETE 3).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 VAZÃO

Foi determinada a vazão em cada ponto de coleta, sendo que apenas no ponto 5, por problemas técnicos, não foi possível obter estes valores. A Tabela 5.1 apresenta a vazão mensal em cada ponto de amostragem no período analisado, e a Figura 5.1 apresenta a vazão média mensal no ribeirão Morangueiro.

Tabela 5.1 – Vazão mensal nos pontos de coleta (m³/s)

Ponto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Nov	Dez
1	0,35	0,35	0,36	0,29	0,35	0,35	0,25	0,43	0,29	0,33	0,19
2	0,52	0,48	0,49	0,47	0,49	0,38	0,30	0,47	0,34	0,84	0,71
3	-	0,69	0,97	-	-	0,67	0,75	0,81	1,12	1,66	0,86
4	-	0,73	1,05	1,04	0,95	0,76	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	1,05	1,05	1,19	3,52	1,79
8	-	-	-	-	-	-	1,85	2,05	1,71	4,71	2,28
Média	0,44	0,56	0,72	0,60	0,60	0,54	0,70	0,80	0,78	1,84	0,97

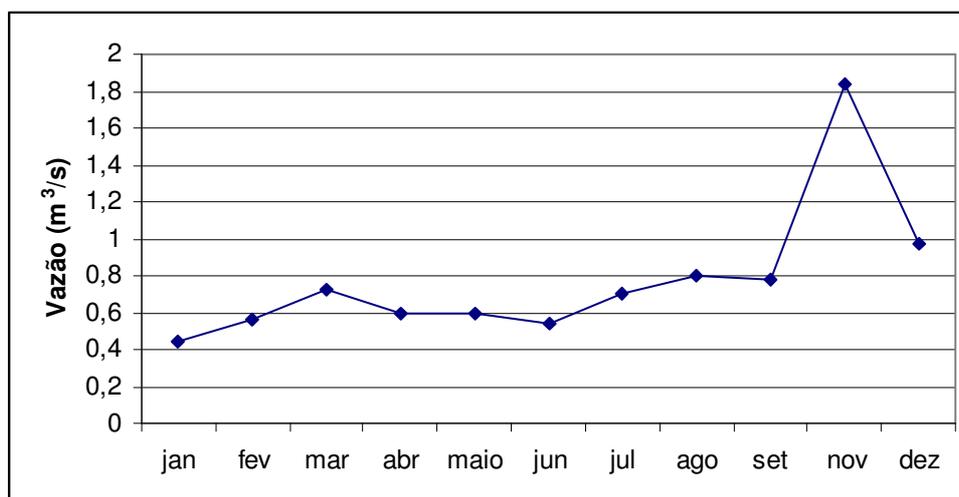


Figura 5.1 – Vazão média mensal no ribeirão Morangueiro

Para uma melhor análise da influência da variação da vazão nos parâmetros avaliados, foi estabelecido um paralelo com a precipitação pluviométrica mensal do período. A Figura 5.2 apresenta a precipitação pluviométrica mensal ocorrida em 2008.

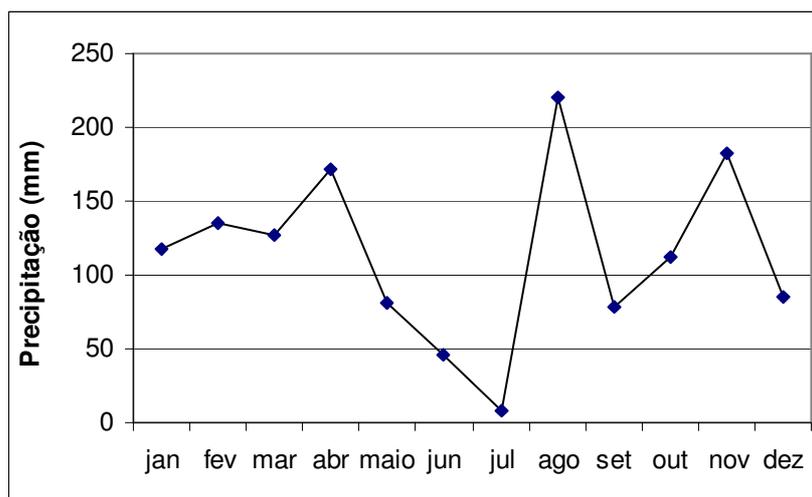


Figura 5.2 – Precipitação pluviométrica mensal

Na Figura 5.2, observa-se que houve estações secas e chuvosas muito definidas em 2008. Os meses que ocorreram as maiores chuvas foram abril, agosto e novembro, totalizando precipitações de 172mm; 220mm e 183mm, respectivamente. Os meses de menor precipitação foram junho, julho e setembro, com 46,3mm; 7,9mm e 78,8mm. É importante notar que os extremos de precipitação, principalmente nos meses de agosto e novembro, causaram acréscimos na vazão, provavelmente por superar a capacidade de retenção de água do solo, uma vez que se trata de um evento atípico.

As Figuras 5.1 e 5.2 permitem verificar que houve uma diferença muito grande, observada pela tendência do gráfico, entre a média das vazões mensais e a precipitação mensal. Isso pode ocorrer devido à capacidade de retenção de água pelo solo no período de maior precipitação, o que leva a crer que grande parte das chuvas incidentes na área de drenagem da bacia, infiltre no solo, escoando gradativamente nos meses de menor precipitação. Como a bacia hidrográfica possui uma forma mais alongada, o volume de água da chuva que entra, concentra-se em diferentes pontos, apresentando, assim, maior tempo de concentração de água na saída da bacia.

A Figura 5.3 apresenta a precipitação pluviométrica ocorrida nas 48 horas que antecederam a coleta.

A maior relação entre precipitação e vazão, pode ser verificada comparando a Figura 5.1 com a Figura 5.3, em que se observa que a maior vazão coincide com o mês de dezembro, onde houve precipitação nas 48 horas que antecederam a coleta.

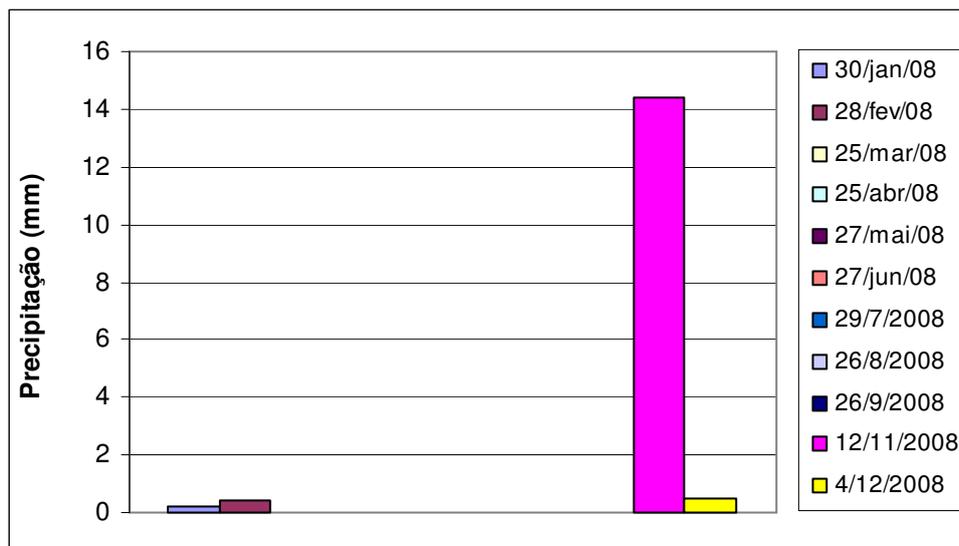


Figura 5.3 – Precipitação pluviométrica 48 horas antes da coleta

5.2 INDICADORES DE QUALIDADE

Os resultados completos das análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos, das águas dos ribeirões Morangueiro e Sarandi, estão apresentados no APÊNDICE D.

pH

A Figura 5.4 apresenta os valores de pH da água dos ribeirões Morangueiro e Sarandi para os pontos de amostragem.

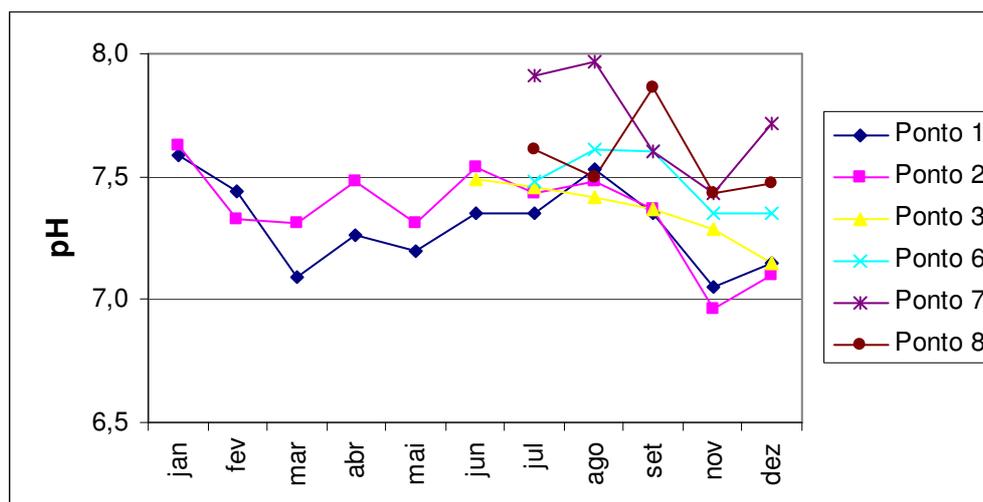


Figura 5.4 – Evolução do pH ao longo do tempo

Pode-se verificar que, mesmo com a carga de matéria orgânica lançada no ribeirão pela estação de tratamento de esgoto, o pH variou pouco, entre 7 e 8, portanto, permanecendo

dentro do padrão estabelecido pela Resolução nº.357/2005 do CONAMA, que estipula valores de pH entre 6 e 9 para as águas doces de classe II.

Turbidez

A Figura 5.5 apresenta a variação da turbidez, nos ribeirões Morangueiro e Sarandi, no intervalo de tempo da amostragem.

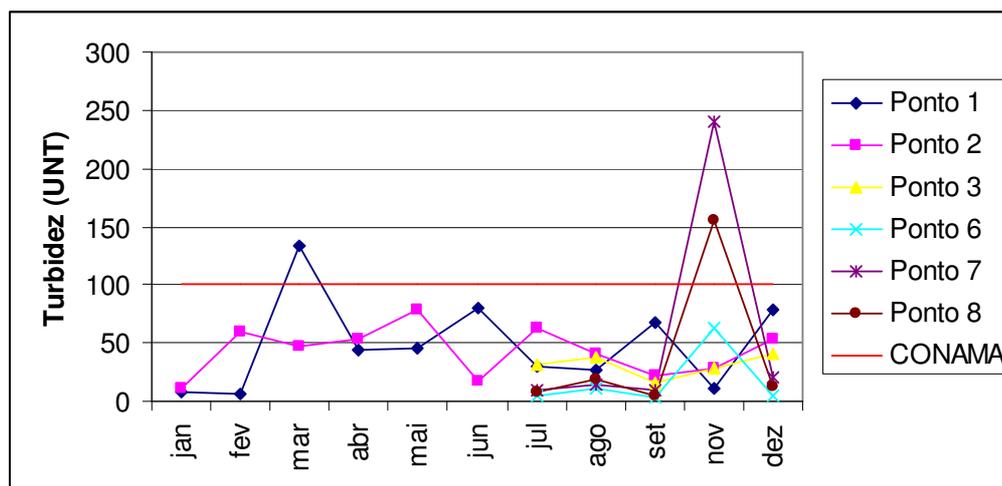


Figura 5.5 – Evolução da Turbidez ao longo do tempo

A principal consequência da alteração da turbidez num corpo d'água é a redução da penetração de luz solar, prejudicando a oxigenação do meio. Nos pontos analisados, a turbidez permaneceu dentro do valor máximo permitido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 100 UNT, na maior parte do tempo do tempo analisado. Apenas no ponto 1, no mês de março, este parâmetro chegou a 133 UNT e nos pontos 7 e 8 no mês de novembro, alcançou respectivamente, 241 UNT e 155 UNT, devido às chuvas que ocorreram no dia da coleta.

Temperatura

A Figura 5.6 apresenta a evolução da temperatura da água nos ribeirões Morangueiro e Sarandi, durante o período amostrado.

A temperatura tem grande importância como parâmetro de qualidade, pois as elevações da temperatura aumentam as taxas das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência dos mesmos, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis.

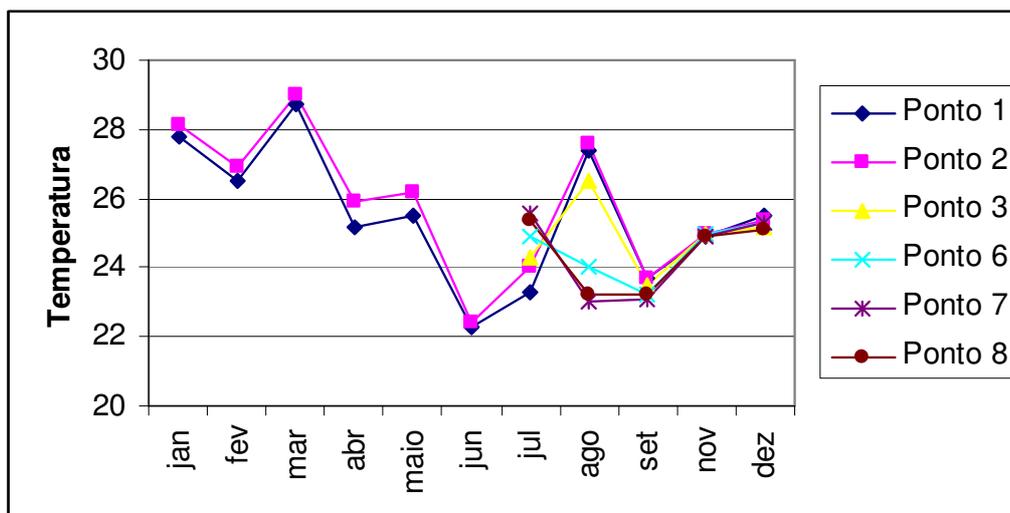


Figura 5.6 – Evolução da Temperatura ao longo do tempo

Pode-se verificar que a temperatura mínima foi de 22,3°C em junho, e a máxima de 29°C, em março.

Sólidos Dissolvidos

A Figura 5.7 apresenta a evolução da concentração de sólidos dissolvidos, ao longo do tempo, nas águas dos ribeirões Morangueiro e Sarandi.

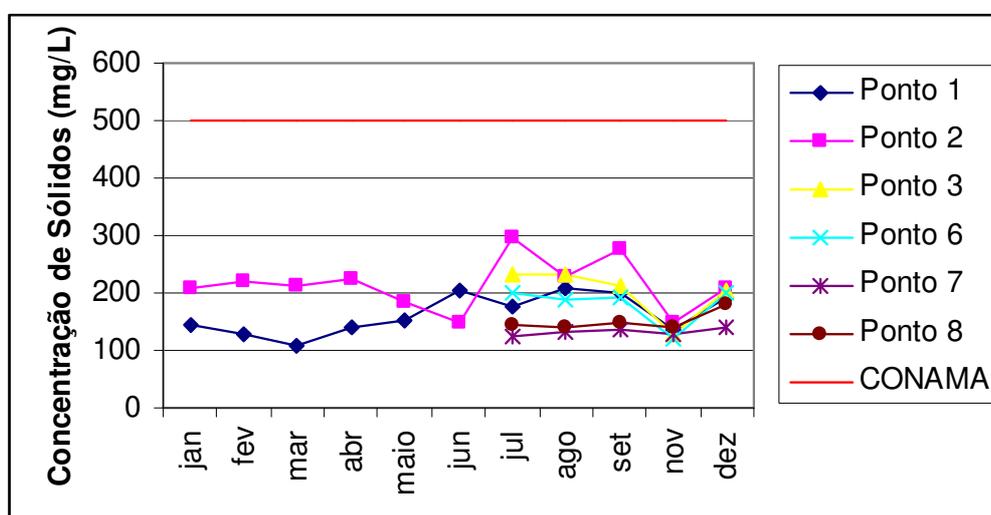


Figura 5.7 – Evolução da concentração de Sólidos Dissolvidos ao longo do tempo

Os sólidos são responsáveis pelo aparecimento da cor e turbidez nas águas. Os sólidos totais em águas caracterizam o teor de matéria seca das mesmas. Constatou-se que todos os valores de sólidos dissolvidos das amostras analisadas estavam entre 108 e 297mg/L, portanto encontravam-se bem abaixo dos valores estabelecidos pela Resolução 357/2005

do CONAMA, que é de 500mg/L. Isso significa que os contaminantes lançados nas águas dos ribeirões Morangueiro e Sarandi, não afetaram a carga de sólidos dissolvidos dos mesmos.

Fósforo Total

A Figura 5.8 apresenta a evolução da concentração de fósforo total, no decorrer do ano de 2008, nos ribeirões Morangueiro e Sarandi.

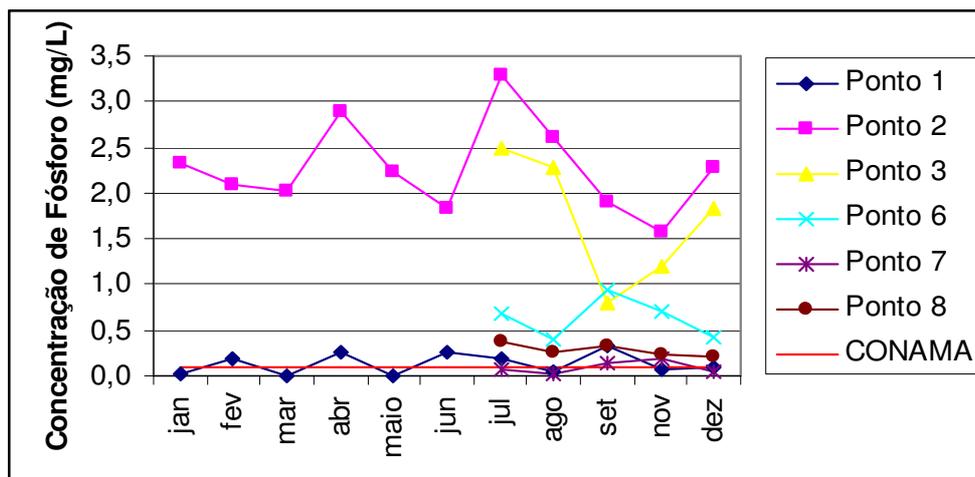


Figura 5.8 – Evolução da concentração de Fósforo ao longo do tempo

Verifica-se que os valores da concentração de fósforo no ponto 1, à montante do lançamento da ETE, ficaram acima do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 0,05mg/L, em 6 meses dos 11 analisados. Nos demais pontos, este limite foi ultrapassado todos os meses. Estas altas concentrações foram, muito provavelmente, decorrentes da descarga de esgoto sanitário tratado, cujos detergentes constituem a principal fonte, e das águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas, podendo contribuir para a proliferação de algas e para a aceleração indesejável do processo de eutrofização.

Demanda Bioquímica de oxigênio

A Figura 5.9 apresenta a evolução da concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), ao longo do tempo, nos ribeirões Morangueiro e Sarandi.

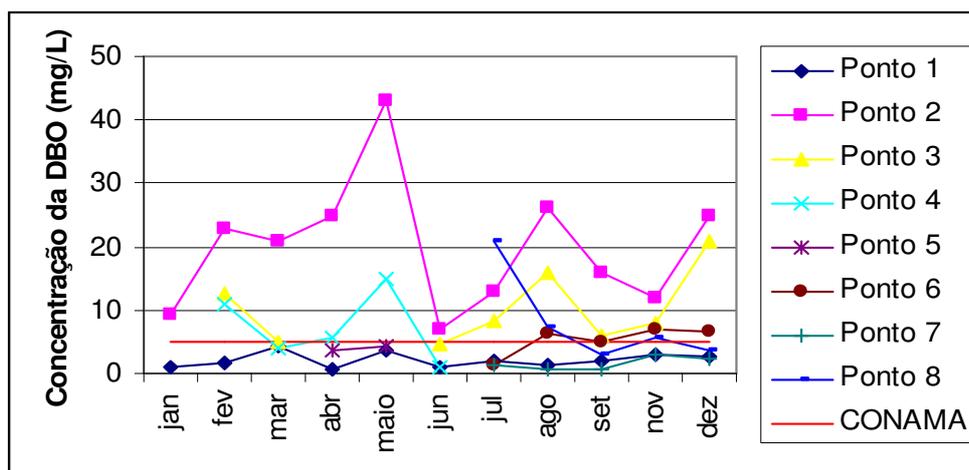


Figura 5.9 – Evolução da concentração da DBO ao longo do tempo

A DBO traduz, indiretamente, a quantidade de matéria orgânica presente no corpo d'água. A análise das amostras apontou que a DBO em todos os pontos, com exceção do ponto 7, ficou acima do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 5mg/L. Como já era esperado, o ponto 2, localizado logo após a ETE, apresentou as maiores concentrações, chegando a 43 mg/L no mês de maio. Esta contaminação está associada ao lançamento de esgoto da estação de tratamento, uma vez que este ponto se encontra à jusante da mesma.

Nitrogênio Amoniacal

A Figura 5.10 apresenta a evolução da concentração de nitrogênio amoniacal nos ribeirões Morangueiro e Sarandi, ao longo do período analisado.

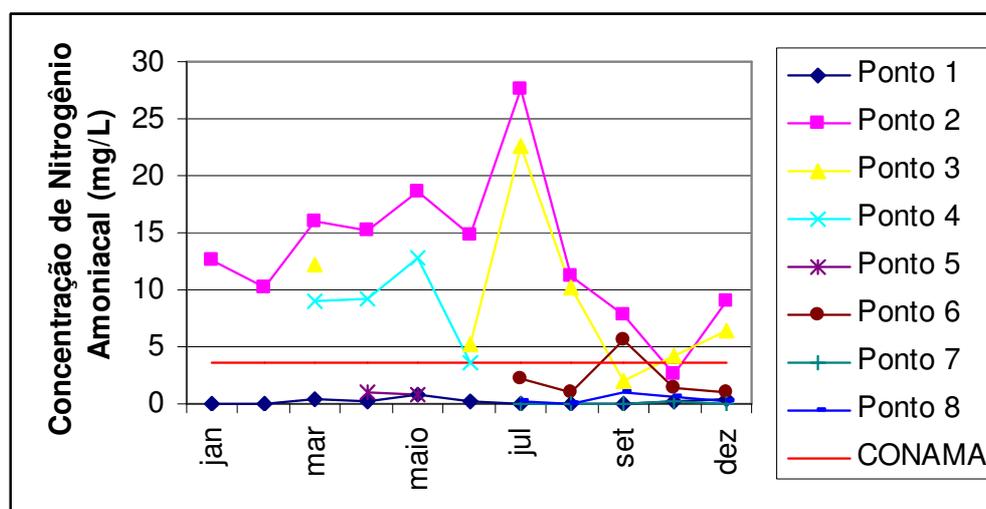


Figura 5.10 – Evolução da concentração de nitrogênio amoniacal ao longo do tempo

Os resultados mostram que os valores da concentração de nitrogênio amoniacal, nos pontos 2, 3 e 4, estão acima do limite permitido pela Resolução 357/05 do CONAMA, para rio de classe 2, que é de 3,7 mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$ e 2,0 mg/L para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$. Estes teores elevados de amônia nos pontos à jusante da ETE são devidos ao processo de tratamento de esgoto por digestão anaeróbia, cuja uma das características é a produção de amônia. Percebe-se que conforme os pontos vão se distanciando da ETE, os valores de nitrogênio vão caindo gradativamente, uma vez que a amônia já está sendo convertida a nitrito.

Nitrito

A Figura 5.11 apresenta a evolução da concentração de nitrito nos ribeirões Morangueiro e Sarandi, ao longo do ano de 2008.

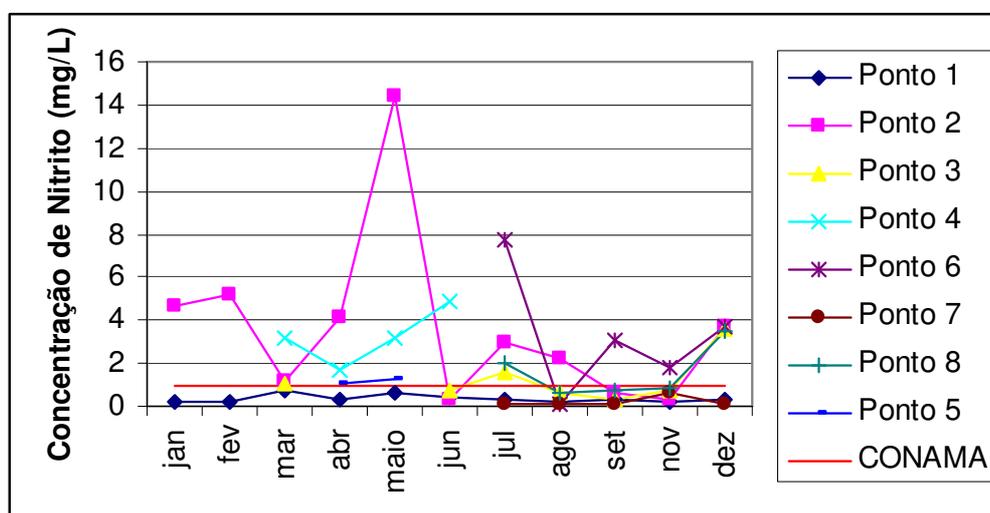


Figura 5.11 - Evolução da concentração de nitrito ao longo do tempo

Como o nitrito aparece em uma fase intermediária na oxidação da amônia, era esperado que nos pontos à jusante do lançamento da ETE, sua concentração estivesse elevada, mas não se esperava que ultrapassasse o limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 1,0 mg/L, uma vez que é instável. No entanto, o que se observou foi a ocorrência deste composto em todos os meses. As concentrações de nitrito do ribeirão Morangueiro, nos pontos à jusante da estação de tratamento de esgoto, encontravam-se acima desse valor.

A presença de nitrito nas águas indica a existência de processos biológicos ativos, influenciados por poluição orgânica. Como a operação de descarga do esgoto da estação de

tratamento não é constante, a queda da concentração de nitrito não ocorre gradativamente ao longo do rio, havendo picos na concentração de nitrito, no meio do percurso.

Nitrato

A Figura 5.12 apresenta a evolução da concentração de nitrato, ao longo do tempo, nos ribeirões Morangueiro e Sarandi.

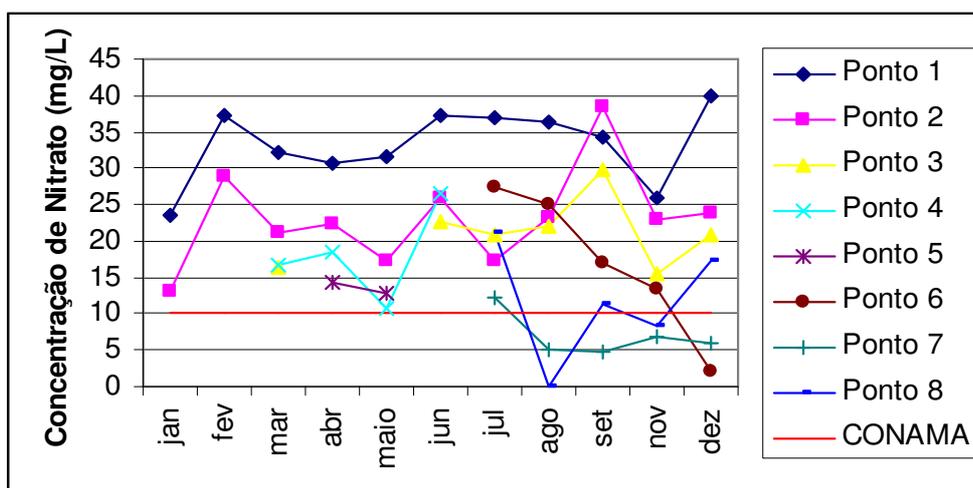


Figura 5.12 – Evolução da concentração de nitrato ao longo do tempo

Como pode ser observado, em quase todos os pontos, exceto no ponto 7, a concentração de nitrato ficou muito acima do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, para os rios de classe 2, que é de 10,0 mg/L. O ponto 1, situado à montante da estação de tratamento de esgoto, apresentou as maiores concentrações de nitrato, isso demonstra que pode estar havendo lançamento de esgoto doméstico clandestino no curso d'água, em pontos distantes deste analisado, ainda em área urbana, pois a presença de nitrato é um indicativo de poluição remota nas águas.

Coliformes Termotolerantes

A Figura 5.13 apresenta a evolução, ao longo do tempo, da concentração de coliformes termotolerantes nos ribeirões Morangueiro e Sarandi.

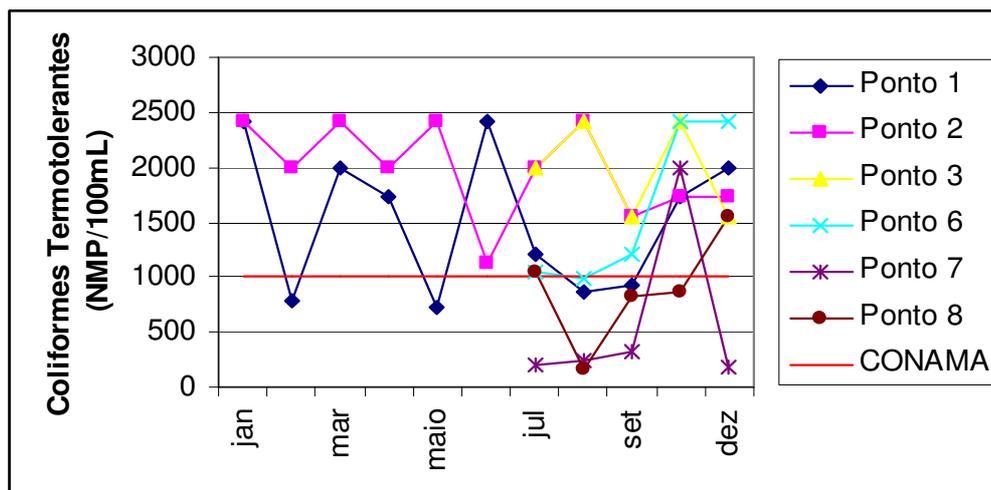


Figura 5.13 – Evolução do número de coliformes termotolerantes ao longo do tempo

As bactérias do grupo coliformes indicam poluição fecal. As análises das amostras de água indicaram a presença de coliformes acima do valor estabelecido para as águas classificadas como classe 2, pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros.

O ponto 2, localizado à jusante do lançamento da estação de tratamento de esgoto, apresentou as maiores concentrações de coliformes, isso pode significar falhas no processo de tratamento de esgoto, ou ainda, que a estação está pequena para atender o aumento da carga de efluente gerado pela população.

Oxigênio Dissolvido

A Figura 5.14 apresenta a evolução da concentração de oxigênio dissolvido, ao longo do tempo, nos ribeirões Morangueiro e Sarandi.

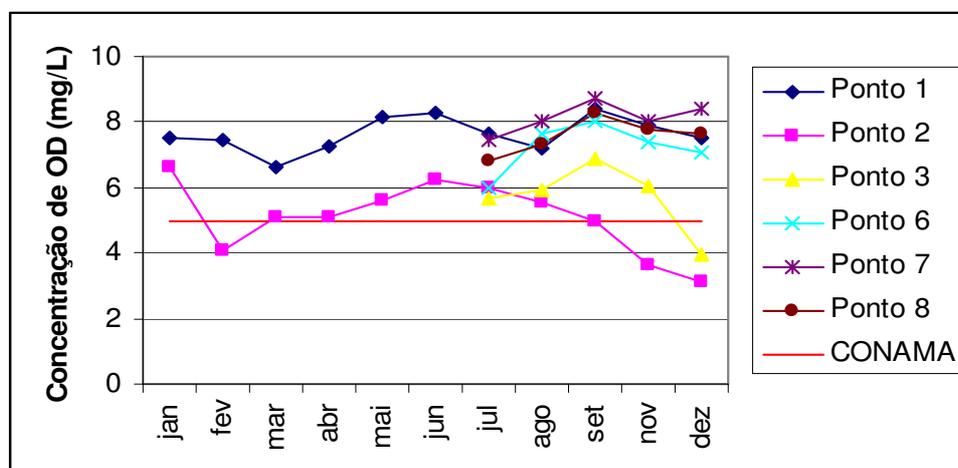


Figura 5.14 – Evolução da concentração de oxigênio dissolvido ao longo do tempo

Pela Resolução 357/05 do CONAMA, para os rios de classe 2, o valor de oxigênio dissolvido, não pode ser inferior a 5 mg/L. Nas amostras analisadas, o valor de oxigênio dissolvido no ponto 2, nos meses de fevereiro, novembro e dezembro foi de 4,09mg/L, 3,63mg/L e 3,15mg/L, respectivamente, ou seja, abaixo do limite mínimo estabelecido para este parâmetro. Este fato pode ter ocorrido porque este ponto se localizava logo após o lançamento de esgoto tratado da ETE, interferindo na concentração de oxigênio dissolvido devido à deposição de matéria orgânica na água, que começa a ser degradada, contribuindo para esta redução.

Metais Pesados

A grande maioria dos metais analisados (cádmio, cobre, níquel e zinco), não foi detectada pelo aparelho, em nenhuma das amostras analisadas, exceção feita ao alumínio que foi detectado em quase todas as amostras analisadas, sendo que a maior concentração foi encontrada no ponto à montante do lançamento da ETE, chegando ao valor de 1,92mg/L no mês de março, bem acima do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 0,1mg/L. Este fato, muito provavelmente, ocorreu devido ao lançamento do lodo da estação de tratamento de água da Sanepar, que utiliza o sulfato de alumínio como coagulante, na galeria de águas pluviais que se encontra à montante deste ponto.

Vale a pena comentar também sobre a concentração de cromo, que foi encontrado em todas as amostras, sendo que no ponto 1, esta concentração excedeu, em duas amostras, o limite permitido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 0,05mg/L. Este poluente provavelmente tem origem no esgoto industrial.

5.3 COMPARAÇÃO DA MÉDIA DAS CONCENTRAÇÕES

Fazendo uma comparação dos resultados encontrados por Oliveira (2004) de alguns parâmetros de qualidade, nos pontos que são coincidentes com os deste trabalho, podemos fazer uma análise temporal da qualidade da água do ribeirão Morangueiro. A Tabela 5.2 mostra a comparação da média das concentrações destes parâmetros de qualidade.

Tabela 5.2 – Comparação da média das concentrações (mg/L)

Parâmetro	Ponto 1 2003	Ponto 1 2008	Ponto 2 2003	Ponto 2 2008	Ponto 6 2003	Ponto 6 2008
OD (mg/L)	7,96	7,62	5,95	5,10	7,77	7,22
Nitrato (mg/L)	23,14	33,26	19,90	23,15	23,72	21,76
Nitrito (mg/L)	0,13	0,35	0,45	3,61	1,35	3,26
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,18	0,25	4,82	13,24	1,39	2,30
Fósforo Total (mg/L)	0,57	0,15	1,58	2,27	0,65	0,63
Sólidos Dissolvidos	218	163	225	214	189	180

Os valores em vermelho indicam que os resultados encontram-se fora dos limites estabelecidos pela resolução 357/2005 do CONAMA. Comparando-se os valores encontrados em 2003 com os encontrados em 2008, observa-se uma tendência de piora na qualidade da água no que diz respeito aos parâmetros nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal e de estabilidade nos parâmetros oxigênio dissolvido, fósforo e sólidos dissolvidos

5.4 AUTODEPURAÇÃO E CARGA POLUIDORA

Dentro de um enfoque prático, deve-se considerar que uma água esteja depurada quando as suas características não mais sejam conflitantes com a sua utilização prevista em cada trecho do curso d'água. Isto porque não existe uma depuração absoluta.

Neste trabalho, a carga de poluição foi expressa em termos de massa por unidade de tempo. O APÊNDICE E apresenta os resultados completos da carga de poluentes para cada ponto de amostragem.

A seguir, será feita a análise da autodepuração nos ribeirões em estudo, por meio dos principais parâmetros (matéria orgânica, bactérias decompositoras e oxigênio dissolvido), avaliando tanto a concentração como a carga dos mesmos.

Matéria orgânica

A Figura 5.15, apresenta a concentração média da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), utilizada como um método indireto para a medição da matéria orgânica presente no corpo d'água.

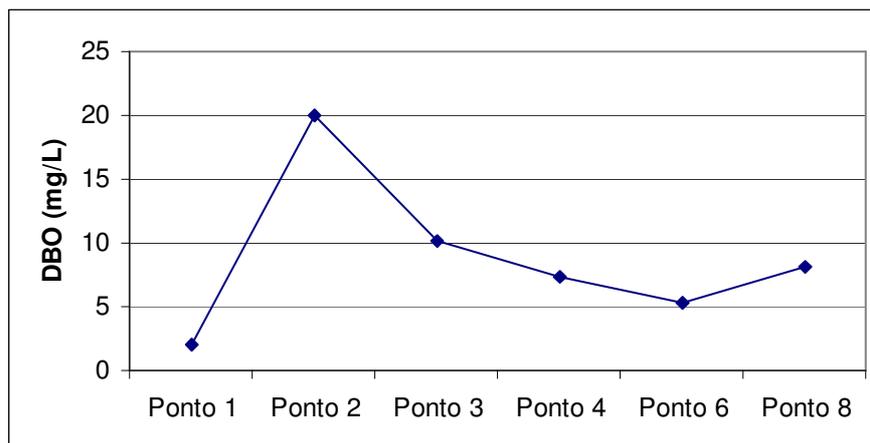


Figura 5.15 – Concentração média anual da DBO

Observa-se que a concentração da DBO atingiu o seu pico no ponto de lançamento de esgoto, representado pelo ponto 2, e foi decrescendo até o ponto 6, que se encontrava à jusante do ribeirão Morangueiro, permanecendo, ainda, acima do valor estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 5,0mg/L, portanto, o ribeirão não conseguiu realizar a depuração.

A Figura 5.16 apresenta a carga média anual da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nos pontos analisados.

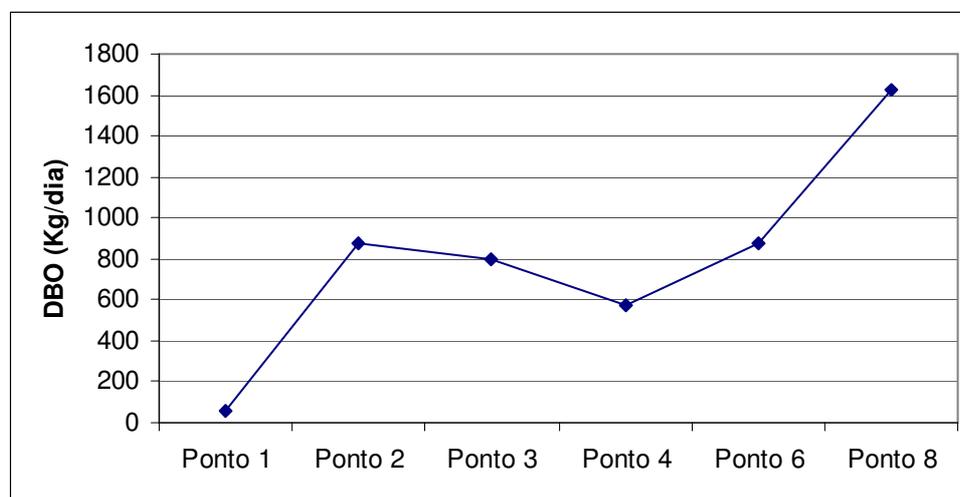


Figura 5.16 – Carga média anual da DBO

Comparando-se as Figuras 5.15 e 5.16, observa-se que a tendência do gráfico da concentração assemelha-se com o da carga, quando se considera a influência da vazão.

Bactérias Decompositoras

A Figura 5.17 apresenta a evolução da concentração média anual de coliformes termotolerantes ao longo do rio.

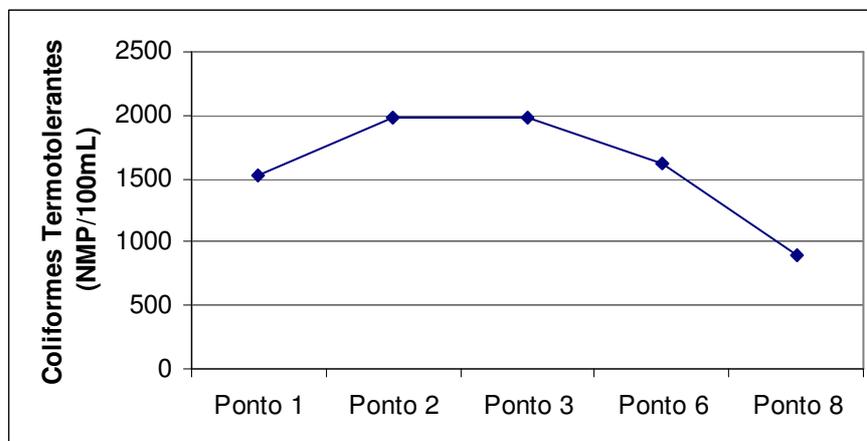


Figura 5.17 – Concentração média anual de Coliformes

Observa-se que a concentração de coliformes é decrescente ao longo do percurso, atingindo na jusante do ribeirão Morangueiro, no ponto 6, o valor de 1.614 NMP/100mL, portanto acima do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA, que é de 1.000 NMP/100mL. Também neste caso, o ribeirão não atingiu a condição de depuração.

Oxigênio Dissolvido

A Figura 5.18 apresenta o perfil da concentração média anual de oxigênio dissolvido ao longo do rio.

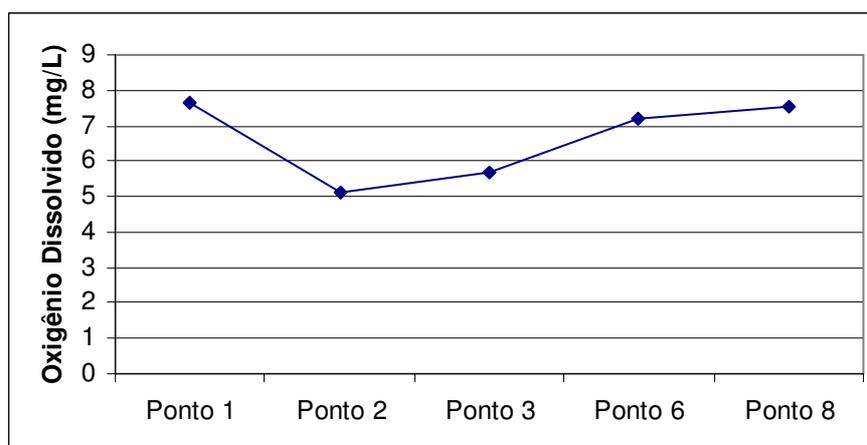


Figura 5.18 – Concentração média anual de Oxigênio Dissolvido

Acompanhando a trajetória da curva, observa-se que logo após o lançamento da ETE no curso d'água (Ponto 2), a concentração de oxigênio dissolvido caiu bastante, chegando ao valor de 5,0mg/L, ou seja, no limite mínimo estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA. A partir deste ponto, a curva começou a crescer, atingindo o valor de 7,2mg/L no ponto 6, que se encontrava à jusante do ribeirão Morangueiro, mas ainda, um valor muito próximo do limite, ficando difícil afirmar se o ribeirão conseguiu atingir as condições de depuração.

A Figura 5.19 apresenta os valores da carga média anual de oxigênio dissolvido nos pontos de análise.

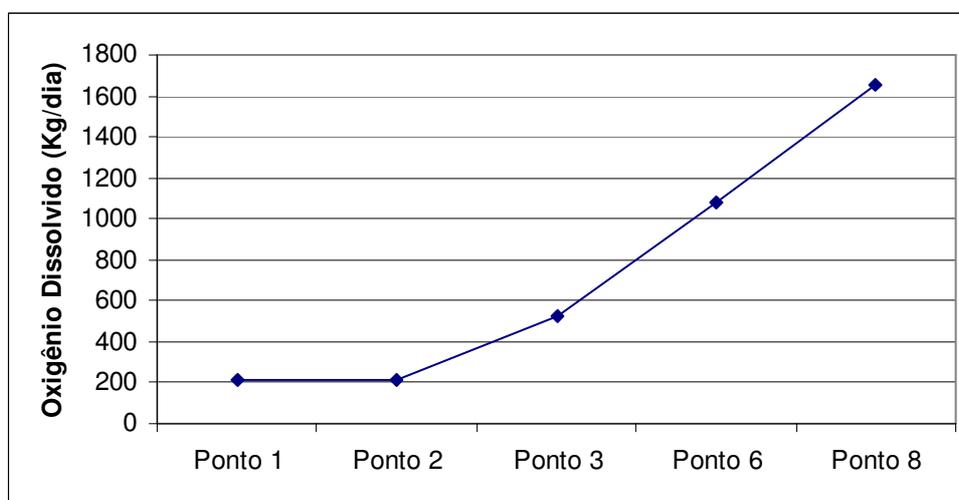


Figura 5.19 – Carga média anual de Oxigênio Dissolvido

Comparando a trajetória dos gráficos das Figuras 5.18 e 5.19, percebe-se uma semelhança entre eles, o que significa que não houve influência da vazão sobre a evolução de oxigênio dissolvido no ribeirão.

Modelo de Streeter-Phelps

Os resultados completos com os dados de entrada e de saída do modelo de Streeter-Phelps estão apresentados no APÊNDICE F. A Tabela 5.3 apresenta os resultados da concentração de oxigênio dissolvido, parâmetro por meio do qual esse método analisa o fenômeno da autodepuração, sendo que os resultados em vermelho são as concentrações críticas, e que indicam, conseqüentemente, a distância crítica.

Tabela 5.3 – Concentração de oxigênio dissolvido

Concentração de oxigênio dissolvido (mg/L)											
d(Km)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Nov	Dez
0	6,10	6,00	5,40	5,60	6,60	6,70	5,50	5,80	6,10	6,10	4,80
2	5,27	5,39	4,93	5,27	5,95	6,28	4,90	4,84	3,89	3,80	2,25
4	4,75	5,02	4,67	5,10	5,62	6,06	4,57	4,29	2,68	2,04	0,86
6	4,44	4,79	4,54	5,03	5,46	5,95	4,40	3,99	2,05	0,70	0,15
8	4,26	4,66	4,49	5,01	5,39	5,90	4,32	3,84	1,77	-0,29	-0,16
10	4,17	4,60	4,48	5,02	5,38	5,89	4,30	3,79	1,68	-1,02	-0,25
12	4,14	4,57	4,49	5,04	5,39	5,90	4,31	3,79	1,70	-1,54	-0,21
14	4,14	4,58	4,52	5,08	5,41	5,92	4,34	3,82	1,78	-1,89	-0,10
16	4,18	4,60	4,56	5,12	5,45	5,95	4,37	3,88	1,90	-2,12	0,05
18	4,22	4,63	4,60	5,16	5,48	5,98	4,42	3,94	2,04	-2,24	0,23
20	4,28	4,67	4,65	5,20	5,52	6,01	4,47	4,02	2,19	-2,28	0,41
22	4,35	4,72	4,69	5,24	5,56	6,04	4,52	4,09	2,34	-2,26	0,60

Analisando a Tabela 5.3, pode-se verificar que a concentração de oxigênio dissolvido no ribeirão Morangueiro, no ponto de lançamento do esgoto tratado da ETE (d=0), encontrava-se acima do valor mínimo permitido pela resolução 357/05 do CONAMA, que é de 5,0mg/L, em todos os meses de análise, com exceção do mês de dezembro. No ponto de confluência com o ribeirão Sarandi (d=5,5Km), a concentração de OD ainda estava decaindo, atingindo a concentração crítica aproximadamente à 10Km de distância do ponto de lançamento (d=10), ou seja, após desaguar no rio Pirapó.

Verifica-se que mesmo à distância de 22Km do ponto de lançamento, a concentração de oxigênio dissolvido ainda está abaixo do valor mínimo permitido para os rios de classe 2, ou no limite deste, portanto o ribeirão Morangueiro, não está conseguindo depurar a carga de esgoto que é lançado em suas águas pela estação de tratamento de esgoto.

As concentrações negativas não tem significado físico e o modelo não é válido nestas condições, não sendo reportados para o perfil de oxigênio dissolvido, os valores inferiores a zero.

Neste caso, é necessário adotar medidas de controle ambiental, uma vez que, em toda a extensão do ribeirão Morangueiro, após o lançamento de esgoto, e posterior ao ribeirão Sarandi, ocorreram concentrações de oxigênio dissolvido inferiores à mínima permitida. Portanto, deverá ser investigada, dentro das alternativas disponíveis, qual será a melhor solução técnica e econômica, para conseguir aumentar os níveis de oxigênio dissolvido, objetivando atingir a qualidade desejável para a água. Dentre estas alternativas, estão: melhorar a eficiência no processo de tratamento de esgoto; fazer a aeração do esgoto na saída da estação de tratamento.

O perfil da concentração de oxigênio dissolvido (OD), em função da distância de percurso apresenta-se na Figura 5.20.

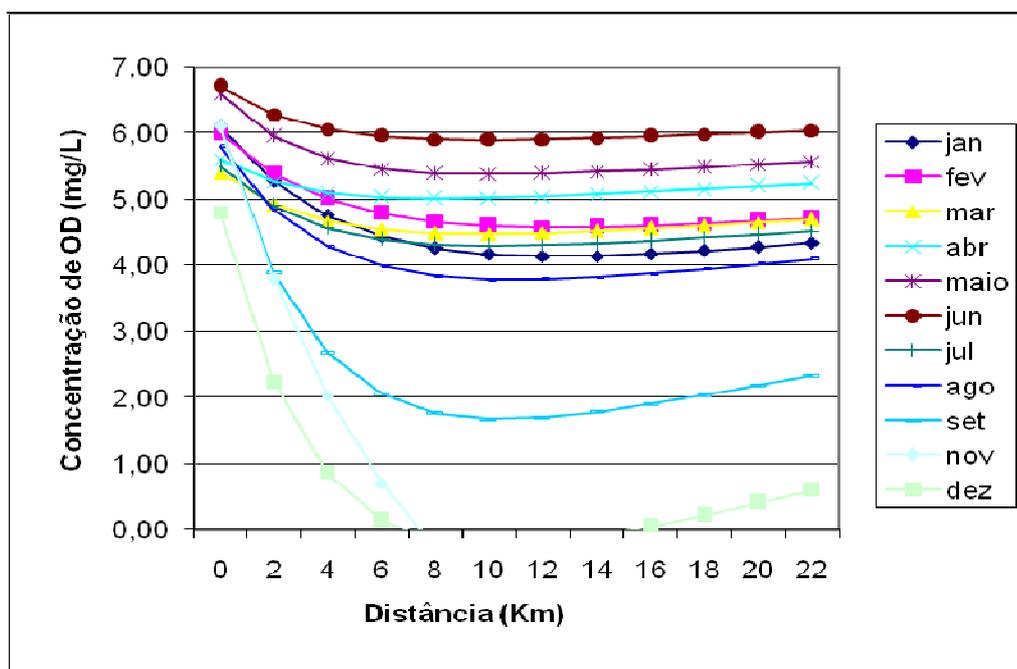


Figura 5.20 – Perfil de Oxigênio Dissolvido no ribeirão Morangueiro

5.5 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Por meio dos resultados obtidos na avaliação dos parâmetros físico-químicos e biológicos, foi determinado o índice de qualidade da água (IQA), cujos resultados encontram-se na Tabela 5.4. Os resultados completos da aplicação deste método apresentam-se no APÊNDICE G.

Tabela 5.4 – Índice de Qualidade da água (IQA)

Ponto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Nov	Dez	IQA médio
1	46	40	34	42	62	37	41	44	40	45	37	43
2	33	22	26	23	18	34	26	24	27	29	21	26
3							30	29	38	36	25	32
6							40	42	41	38	39	40
7							54	56	55	39	55	52
8							36	51	48	38	45	44

Observando-se a Tabela 5.4, e seguindo-se as descrições numéricas do IQA encontradas na Tabela 2.2 do capítulo 2, verifica-se que a qualidade da água do ribeirão Morangueiro encontrava-se regular à montante da ETE (Ponto 1) e, ruim depois dela (Pontos 2 e 3), voltando a ficar regular nos pontos 6 e 8. No ribeirão Sarandi (Ponto 7), a água encontrava-se com boa qualidade, mas após a confluência deste com o ribeirão Morangueiro, a água passou a ter a qualidade deste, que estava regular neste ponto.

Com os valores do IQA foi possível avaliar que a poluição do ribeirão Morangueiro se inicia antes mesmo do lançamento da estação de tratamento de esgoto. Este fato ocorre, muito provavelmente, devido ao lançamento de esgoto doméstico clandestino nas galerias de águas pluviais, ou mesmo pela contaminação por meio do escoamento superficial, que carrega lixo lançado por pedestres e usuários de veículos no meio urbano.

A intensificação da poluição fica evidenciada no ponto 2, após o lançamento da ETE, mas, pode haver também, neste ponto, a contribuição da contaminação das áreas rurais, por consequência da ausência de mata ciliar. Esta é uma consequência do uso agrícola das terras, que após a retirada da vegetação nas margens hídricas, deixa os rios mais susceptíveis à erosão. Com isso os materiais transportados pelo escoamento superficial levam grandes quantidades de sedimentos e nutrientes para o rio, esta perda, leva a diminuição da capacidade produtiva dos solos, fazendo com que os agricultores sejam obrigados a intensificar o uso de agrotóxicos, aumentando ainda mais os níveis de degradação do solo e da água.

5.6 AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUA

Por meio dos resultados obtidos na avaliação dos parâmetros físico-químicos e biológicos, foi feita uma avaliação integrada da qualidade da água (AIQA), utilizando as planilhas de cálculo do IAP (APÊNDICE H). A Tabela 5.5 apresenta o resultado dos valores do AIQA, encontrados ponto a ponto, nos meses referentes às análises.

Tabela 5.5 – Indicador da Qualidade da água (AIQA)

Ponto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Nov	Dez	AIQA médio
1	0,95	0,76	0,95	0,95	0,76	0,95	0,95	0,74	0,76	0,95	0,95	0,88
2	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,74	0,95	0,95	0,95	0,93
3							0,95	0,74	0,95	0,95	0,95	0,91
6							0,75	0,74	0,75	0,75	0,75	0,75
7							0,75	0,00	0,75	0,50	0,00	0,40
8							0,75	0,48	0,75	0,75	0,75	0,69

Com o cálculo do AIQA, pretendeu-se fazer uma avaliação integrada (físico-química e biológica), dos efeitos da poluição sobre a qualidade da água, portanto, espera-se que esta ferramenta venha minimizar as incertezas relativas à qualidade das águas.

Observando-se a Tabela 5.5, e seguindo as descrições numéricas do AIQA apresentadas na Tabela 2.3 do capítulo 2, os valores encontrados na avaliação integrada da qualidade da água, indicam que a água está poluída, equivalente à classe 4, da Resolução 357/05 do CONAMA, na maior parte do tempo, nos pontos 1, 2 e 3.

No ponto 6, os resultados indicam que a água está medianamente poluída, equivalente à classe 3 da classificação de qualidade estabelecida na Resolução 357/05 do CONAMA, e apenas no ponto 7, que localizava-se no ribeirão Sarandi, antes da confluência com o ribeirão Morangueiro, os resultados indicam que a água está boa, equivalente à classe 2 do CONAMA, no entanto, volta a ficar medianamente poluída, no ponto 8, depois que recebe a contribuição de carga do ribeirão Morangueiro em suas águas

Da mesma maneira que o índice de qualidade da água (IQA), a avaliação integrada da qualidade da água (AIQA), identificou poluição no ponto 1, situado à montante da estação de tratamento de esgoto, fortalecendo a hipótese de contaminação, por descarga de esgoto bruto, na área urbana.

6 CONCLUSÃO

Os estudos realizados neste trabalho tiveram o objetivo de diagnosticar a qualidade das águas do ribeirão Morangueiro, por meio do monitoramento de características físico-químicas e biológicas, buscando obter indicadores de qualidade que refletissem resumidamente as suas alterações, e além disso, comparar estes resultados com os padrões exigidos pela legislação, indicando, sempre que possível, as possíveis fontes de poluição das águas.

Verificou-se por meio da comparação dos resultados dos parâmetros analisados com os atribuídos pela Resolução nº. 357/2005 do CONAMA, que todos os trechos avaliados, mesmo à montante do lançamento da estação de tratamento de esgoto, não apresentam condições para o enquadramento do ribeirão Morangueiro como classe 2 de qualidade, conforme estabelecido pela Portaria SUREHMA nº.004 de 21/03/91. Os valores encontrados dos parâmetros analisados permitem classificá-lo como corpo de água doce de classe 4, que são águas que podem ser destinadas apenas à navegação e à harmonia paisagística.

Os resultados das concentrações de alguns parâmetros obtidos no trecho analisado indicam que a presença de poluição proveniente de lançamento de esgoto doméstico tratado e também não tratado, provavelmente clandestino, estão alterando drasticamente as características físico-químicas e biológicas do ribeirão Morangueiro. As maiores concentrações encontradas foram no ponto à jusante da estação de tratamento de esgoto, significando que pode estar havendo falhas no processo de tratamento do esgoto ou que a ETE está operando acima da sua capacidade, em decorrência do crescimento populacional. Estas alterações são evidenciadas quando se traduz esses valores em índice de qualidade de água, caracterizando o corpo hídrico como de qualidade ruim à montante da estação de tratamento de esgoto da Sanepar, e como qualidade péssima depois dela.

Quando se utilizou a carga de poluentes para avaliar a evolução das condições da qualidade da água, verificou-se a mesma disparidade nos valores de cada parâmetro, ao longo do tempo e do espaço. Portanto, mesmo fazendo a equivalência de vazões, a carga dos poluentes continuou alterada, podendo ser identificados trechos críticos, nos quais a qualidade da água se encontrou significativamente comprometida, e mostrando que o

problema não é decorrente de alterações na vazão, mas é função de eventual sazonalidade de lançamentos poluidores.

Dentro de um enfoque prático, segundo VON SPERLING (2005), deve-se considerar que uma água esteja depurada quando suas características não mais sejam conflitantes com a sua utilização prevista. Neste caso, comparando os valores da concentração dos parâmetros analisados no ponto 6, que se encontra na foz do ribeirão Morangueiro, com os previstos na resolução nº. 357/2005 do CONAMA para rio de classe 2, verificou-se que os valores das concentrações da maioria dos parâmetros, estavam acima do limite estabelecido para a sua utilização, concluindo-se que a água do ribeirão Morangueiro ainda não está depurada na sua foz, o que de alguma forma pode comprometer a qualidade do rio Pirapó. Esta mesma conclusão também foi encontrada para a concentração de oxigênio dissolvido por meio dos resultados obtidos no modelo de Streeter-Phelps.

Os resultados mostraram que as águas do ribeirão Morangueiro nos trechos em estudo, para o ano de 2008, encontravam-se poluídas, sendo que a atividade antrópica, por meio do lançamento de esgoto doméstico, foi a principal fonte de poluição, e que o lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto, foi a mais significativa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. C. **Monitoramento da qualidade da água da bacia do rio Pirapó.** Dissertação (Mestrado) – UEM, Maringá, PR, 2006.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standart Methods for the examination of water and wastewater.** 20 ed. Washington, 1998.

BESSA, M. R. M. **Qualidade e Monitoramento da Água nos Recursos Hídricos.** Simpósio Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos. Gramado, RS, 1998.

BINI, L. M.; MINTE VERA, C. V.; **Classificação dos corpos aquáticos dos Estado de São Paulo de acordo com a qualidade da água: uma abordagem multidimensional.** 3º Congresso de Ecologia do Brasil. Brasília, DF, 1996.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental.** São Paulo: Prentice-Hall, 2004.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada a engenharia sanitária.** 3 ed. São Paulo: CETESB, ASCETESB, 1986.

CARVALHO, A. R.; **Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água.** Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, SP, 1996.

CETESB. **Índice de Qualidade das águas,** 2008. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov>> acessado em 12/06/08.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do estado de São Paulo.** São Paulo, SP, 2003.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ (SANEPAR). Disponível em <<http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v13/poluicao/poluicao>> acessado em 23/06/08.

COLUNA, N. M. E. *et al.* **Análise Temporal e Espacial da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Zerede, Timóteo-MG.** Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, IPABHi, p. 207-214, Taubaté, São Paulo, 2007.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, Resolução nº 357, 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/> acessado em 12/06/08.

COUILLARD, D.; LEFEBVRE, Y. **Analysis of water quality indices**. Journal of Environmental Management, v.21, p.161-179, 1985.

CUNHA, A. C.; CUNHA, H. F. A.; BRASIL, A. C. P.; DANIEL, L. A.; SCHULZ, H. E. **Qualidade microbiológica da água em rios de áreas urbanas e periurbanas no baixo Amazonas: o caso do Amapá**. Engenharia Sanitária Ambiental, vol.9, n.4, p. 322-328, 2004.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. Editora Universidade de São Paulo, SP, 1980.

FRITZSONS, E. *et al.* **As alterações da qualidade da água do rio Capivari com o deflúvio: um instrumento de diagnóstico de qualidade ambiental**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.8, p.239-248, 2003.

HAASE, J.; POSSOLI, S. **Estudo da utilização da técnica de análise fatorial na elaboração de um índice de qualidade de água: comparação entre dois regimes hidrológicos diferentes, RS**. Acta Limnologica Brasiliensia, v.6, p.245-255, 1993.

HARMANCIOGLU, N. B.; OZKUL, S. A.; ALPLASN, M. N. **Water monitoring and network design**. In: HARMANCIOGLU, N.B.; SINGH, V. P.; ALPASLAN, M. N. (Ed.) **Environmental data management**. The Hague: Kluwer Academic Publishers. p.61-100, 1998.

HYNES, H.B.N. **The ecology of running waters**. University Press, Liverpool, 1970.

IAP. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das águas dos rios da região de Curitiba, no período de 1992 a 2005**. Curitiba, PR, 2005. Disponível em <http://www.pr.gov.br/meioambiente/iap> acessado em 06/07/08.

LEAL, M. S. **Gestão Ambiental de recursos hídricos: princípios e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM/ANEEL, 1998.

LEITÃO, S. M. **A Visão da Água: O Desafio do Milênio**. Ecolatina 2001. Belo Horizonte, MG, 2001.

LEMOS, C. A. **Aspectos dos usos da água, agrotóxicos e percepção ambiental no meio rural, Maquiné, RS, Brasil**. Geografia, v.13, n.2, 2004.

MACHADO, R. E. et al. **Poluição e autodepuração do ribeirão Piampu (Ijaci/MG)**. Sanare, v.29, p.16, 1993.

MELLO, J. H. T, *et al.* **Avaliação dos impactos sanitários e Ambientais do lançamento dos esgotos domésticos da cidade de Manhuaçu em seu rio**. Sétima Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. Minas Gerais, 2002.

MENDONÇA, A. S. F.; REIS, J. A. T. **Utilização de modelo computacional na análise de limites impostos aos parâmetros de qualidade de água em rios**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, MG, 1999.

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

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DO BRASIL SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Avaliação das Águas do Brasil**. Brasília, DF, 2002.

MULLER, S. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos**. Ecolatina, 2001. Belo Horizonte, MG, 2001.

OKI, V. K. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias**. 2002. 87f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, SP, 2002.

OLIVEIRA, T. M. **Diagnóstico da qualidade físico-química e biológica dos afluentes da bacia do alto rio Pirapó**. Dissertação (Mestrado) - UEM, Maringá, PR, 2004.

OTSUSCHI, C. **Poluição Hídrica e Processos Erosivos: Impactos Ambientais da Urbanização nas Cabeceiras de Drenagem na Área Urbana de Maringá – PR**. Dissertação (Mestrado), UFSC, SC, 2000.

OTTONI, A. B. **A importância da preservação dos mananciais de água para a saúde e sobrevivência do ser humano**. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, RJ, 1999.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. ABRH. Porto Alegre, RS, 2001.

PALMA-SILVA, G. M.; TAUKE-TORNISIELO, S. M.; PIÃO, A. C. **Capacidade de autodepuração de um trecho do rio Corumbataí, SP, Brasil**. *Holos Environment*, v.7 n. 2, p.139, 2007.

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

PERUÇO, J. D. **Identificação das principais fontes poluidoras de afluentes da bacia do alto rio Pirapó**. Dissertação (Mestrado) – UEM, Maringá, PR, 2004.

PINEDA, M. D.; SCHÄFER, A. **Adequação de critérios e métodos de avaliação da qualidade de águas superficiais baseada no estudo ecológico do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil**. *Ciência e Cultura*, v.39, p.198-206, 1987.

SANDERS, T. G. *et al.* **Design of network for monitoring water quality**. Highlands Ranch: Water Resources Publications, 1983.

SARDINHA, D. S. *et al.* **Avaliação da Qualidade da Água e Autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP)**. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v.13, n.4, 2008.

SCHNEIDER, R. M. **Transporte e deposição de sedimentos no solo em trechos da bacia hidrográfica do rio Pirapó**. Dissertação (Mestrado) – UEM, Maringá, PR, 2008.

SILVA, G. S. **Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia-SP**. Tese de doutorado – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, SP, 2004.

SIMIS, J. T.; SIMARD, R. R.; JOERN, B. C. **Phosphorus loss in agricultural drainage: historical perspective and current research**. *Journal of Environmental Quality*, v.27, p.277-293, 1998.

SOARES, P. F. **Projeto e Análise de desempenho de redes de monitoramento da qualidade da água**. Apostila do Programa de Mestrado da Geografia, UEM, Maringá, PR, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998.

TUNDISI, J. G. **Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios**. São Carlos, 1999.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas residuárias**. 3 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, Belo Horizonte, MG, 2005.

WARD, R. C.; LOFTIS, J. C.; McBRIDE, G. B. **Design of water quality monitoring systems**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.

APÊNDICE A

Bacia do Ribeirão Morangueiro

BACIA DO RIBEIRÃO MORANGUEIRO MARINGÁ - PR



Mapa de Situação



1:10.000 (FORMATO A1)



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM SAD 89 - MERIDIANO CENTRAL 51° W

LEGENDA

- POÇOS
- CAPTAÇÃO SUPERFICIAL
- BACIA DO MORANGUEIRO
- DRENAGEM

NOTA TÉCNICA

Imagem do Satélite SPOT-5 de 005, com resolução espacial de 5 m, fornecida pelo © CNES 005, Spot Image S.A., França
Elaboração USH - Unidade de Recursos Hídricos
Estagiário - Diego Fernando Machado
10/08/007

APÊNDICE B: Funções polinomiais das variáveis sub-índices do IQA

Parâmetro	Faixa	Equação	a	b	c	d	e	f
Temperatura Desvio (°C)	$-5 \leq x \leq 5$	$i = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$	0,018278765968	-2,692254207E-3	-2,2451338509	-1,5432401613	91,708915636	-
	$-5 < x \leq 5$	$i = ax^3 + bx^2 + cx + d$	-0,18758383633	0,81573998630	-13,312797976	8,7483548868E1	-	-
	$x > 15$	$i = 5$						
OD (% saturação)	$0 \leq x \leq 140$	$i = ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f$	2,7544088836E-8	-8,8414255005E-6	8,0913178038E-4	-1,5491736518E-2	5,0317668331E-1	2,9860132048
	$x > 140$	$i = 50$						
DBO ₅ (mg/L)	$0 \leq x \leq 30$	$i = a \cdot e^{bx}$	9,6705612340E1	-1,2459330506E-1	3,0123730555	-	-	-
	$x > 30$	$i = 2$						
Coliformes fecais (NMP/100mL)	$1 \leq x \leq 10^5$	$i = a(x-c)^b$	1,6462871905E2	-3,1464642727E-1	-4	-	-	-
	$x > 10^5$	$i = 2$						
Nitratos (mg/L)	$0 \leq x \leq 100$	$i = a \cdot e^{bx}$	9,0892256998E1	-4,5590646942E-2	-	-	-	-
Fosfato (mg/L)	$0 \leq x \leq 10$	$i = 1/(a+bx)$	9,2315245670E-3	1,71769065755E-2	-	-	-	-
pH	$2 \leq x \leq 7,3$	$i = ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f$	-1,471716290E-1	2,7864153968	-1,9241573303E1	6,3503912668E1	-9,9817319350E1	6,1653829183E1
	$7,3 \leq x \leq 12$	$i = ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f$	4,4753472477E-1	-2,2906621079E1	4,6593095882E2	-4,7000830350E3	2,3454759541E4	-4,6140017892E4
Sólidos Totais (mg/L)	$0 \leq x \leq 500$	$i = ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f$	3,589743606E-12	-7,1445221476E-9	5,5134032532E-6	-2,0306235379E-3	2,1180011581E-1	7,9977272746E1
	$x > 500$	$i = 20$						
Turbidez (UT)	$0 \leq x \leq 100$	$i = ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f$	-2,083333461E-8	7,3936484113E-6	-1,019994603E-3	6,9750147658E-2	-2,9960693801	9,9977272811E1
	$x > 100$	$i = 5$						

APÊNDICE C

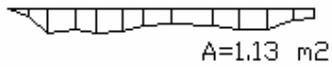
Perfil das seções transversais nos pontos de coleta

JANEIRO

PONTO 1

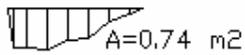


PONTO 2

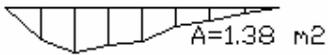


MARÇO

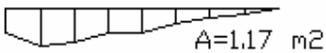
PONTO 1



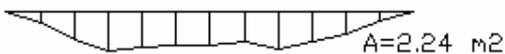
PONTO 2



PONTO 3

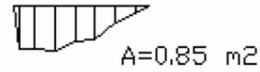


PONTO 4

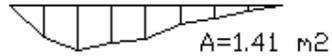


FEVEREIRO

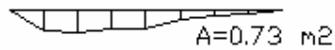
PONTO 1



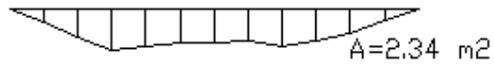
PONTO 2



PONTO 3

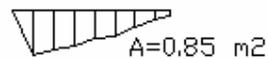


PONTO 4



ABRIL

PONTO 1



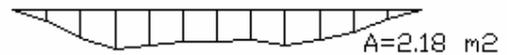
PONTO 2



PONTO 3

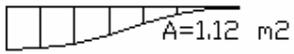
NÃO CONSTA

PONTO 4

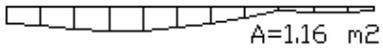


MAIO

PONTO 1



PONTO 2



PONTO 3

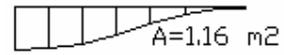
NÃO CONSTA

PONTO 4

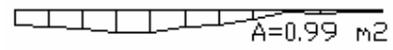


JUNHO

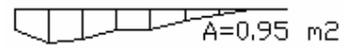
PONTO 1



PONTO 2



PONTO 3

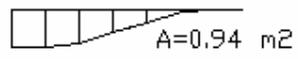


PONTO 4



JULHO

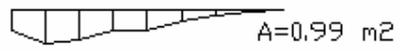
PONTO 1



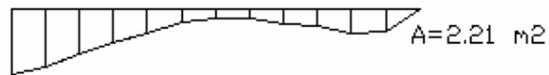
PONTO 2



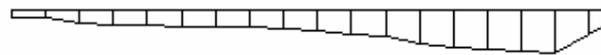
PONTO 3



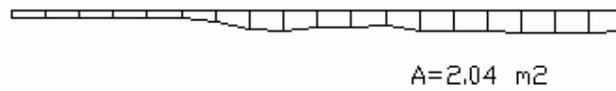
PONTO 4



PONTO 5

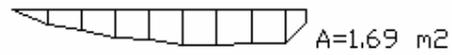


PONTO 6

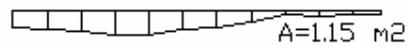


AGOSTO

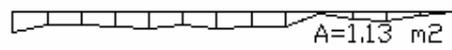
PONTO 1



PONTO 2



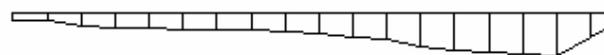
PONTO 3



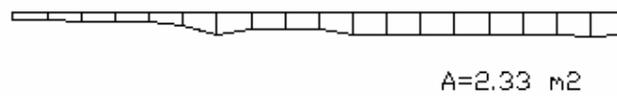
PONTO 4



PONTO 5

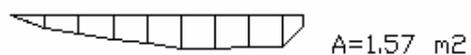


PONTO 6

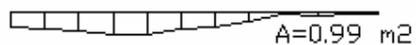


SETEMBRO

PONTO 1



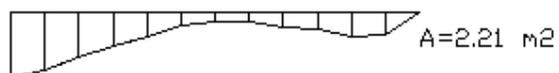
PONTO 2



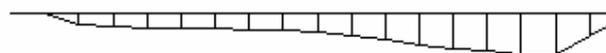
PONTO 3



PONTO 4



PONTO 5



PONTO 6

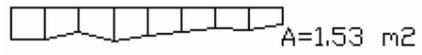
$A=2.81 \text{ m}^2$



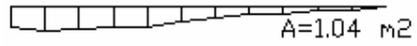
$A=1.94 \text{ m}^2$

NOVEMBRO

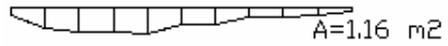
PONTO 1



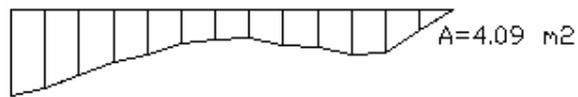
PONTO 2



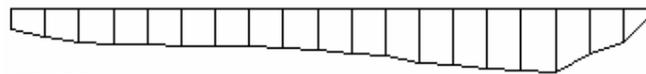
PONTO 3



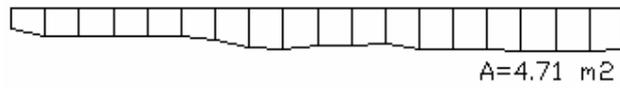
PONTO 4



PONTO 5

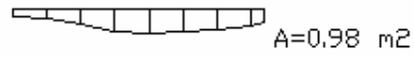


PONTO 6

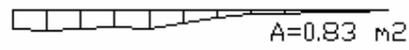


DEZEMBRO

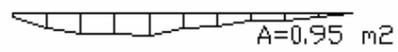
PONTO 1



PONTO 2



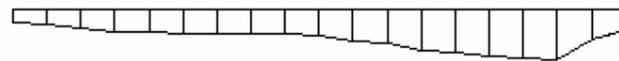
PONTO 3



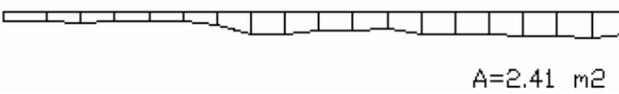
PONTO 4



PONTO 5



PONTO 6



APÊNDICE D

**Resultados das Análises da Qualidade da Água
nos ribeirões Morangueiro e Sarandi**

Ponto 1 – Rib Morangueiro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro	CONAMA
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS												
pH	7,59	7,44	7,09	7,26	7,20	7,35	7,35	7,53	7,35	7,05	7,15	6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	7,20	76,50	133,00	44,20	45,50	80,20	30,5	26,0	67,8	11,0	79,1	< 100
Temperatura (°C)	27,80	26,50	28,70	25,20	25,50	22,30	23,3	27,4	23,7	24,9	25,5	-
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	146	127	108	142	152	204	177	209	199	138	192	< 500
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,52	7,43	6,64	7,25	8,13	8,25	7,67	7,19	8,39	7,91	7,50	> 5,0
DQO (mg/L)	4,80	5,10	12	1,60	15	5,40	6,0	4,9	6,0	8,0	7,2	-
DBO ₅ (mg/L)	1,00	1,70	4,30	0,60	3,70	1,10	2,0	1,2	2,0	3,0	2,5	< 5,0
Alumínio (mg/L)	0,39	1,17	1,92	0,64	0,05	1,04	-	-	-	-	-	< 0,1
Cádmio (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,001
Cobre (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,009
Cromo Total (mg/L)	0,04	0,13	0,024	0,03	0,019	0,16	-	-	-	-	-	< 0,05
Fósforo Total (mg/L)	0,03	0,19	0,01	0,253	ND	0,27	0,19	0,04	0,33	0,07	0,10	< 0,05
Níquel (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,025
Nitrato (mg/L)	23,60	37,30	32,30	30,70	31,50	37,20	36,9	36,3	34,3	25,8	40,0	< 10,0
Nitrito (mg/L)	0,18	0,24	0,73	0,28	0,60	0,40	0,28	0,25	0,34	0,24	0,33	< 1,0
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,008	0,068	0,36	0,28	0,85	0,25	0,10	0,047	0,098	0,216	0,45	<3,7 p/ pH<7,5 <2,0 p/ pH>7,5
Zinco (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,18
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS												
Coliformes Totais (NMP/100mL)	>2419,6	2419,6	2419,6	1732,9	1986,3	>2419,6	1553,1	1732,9	1986,3	2419,6	2419,6	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	>2419,6	791,5	1986,3	1732,9	727,0	>2419,6	1203,1	866,4	1553,1	1732,9	1986,3	< 1000

*ND – não detectado

Ponto 2 – Rib Morangueiro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro	CONAMA
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS												
pH	7,63	7,33	7,31	7,48	7,31	7,54	7,43	7,48	7,37	6,96	7,10	6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	10,30	59,20	47,10	53,20	78,10	17,00	63,2	40,6	21,7	28,4	53,4	< 100
Temperatura (°C)	28,10	26,90	29,00	25,90	26,20	22,40	24,0	27,6	23,7	25,0	25,4	-
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	209	219	211	225	185	148	297	227	277	148	208	< 500
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,63	4,09	5,12	5,12	5,59	6,27	5,96	5,54	5,0	3,63	3,15	> 5,0
DQO (mg/L)	60	54	62	74	104	26	96	40	59,0	23,0	46	-
DBO ₅ (mg/L)	9,40	23	21	25	43	7	13	26	16	12	25	< 5,0
Alumínio (mg/L)	0,54	0,51	0,44	0,55	0,04	0,40	-	-	-	-	-	< 0,1
Cádmio (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,001
Cobre (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,009
Cromo Total (mg/L)	0,05	0,05	0,02	0,02	0,015	0,03	-	-	-	-	-	< 0,05
Fósforo Total (mg/L)	2,32	2,09	2,03	2,89	2,22	1,84	3,28	2,61	1,90	1,58	2,28	< 0,05
Níquel (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,025
Nitrato (mg/L)	13,10	29,00	21,10	22,40	17,30	25,9	17,4	23,1	38,5	23,0	23,9	< 10,0
Nitrito (mg/L)	4,66	5,19	1,16	4,10	14,40	0,33	2,96	2,21	0,60	0,36	3,72	< 1,0
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	12,59	10,30	15,98	15,13	18,55	14,90	27,7	11,28	7,71	2,58	8,98	<3,7 p/ pH<7,5 <2,0 p/ pH >7,5
Zinco (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,18
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS												
Coliformes Totais (NMP/100mL)	>2419,6	>2419,6	2419,6	1986,3	>2419,6	>2419,6	1986,3	>2419,6	1986,3	1732,9	>2419,6	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	>2419,6	1986,3	2419,6	1986,3	>2419,6	1119,9	1986,3	>2419,6	1553,1	1732,9	1732,9	< 1000

*ND – não detectado

Ponto 3 - Rib Morangueiro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro	CONAMA
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS												
pH	-	-	7,56	-	-	7,49	7,46	7,42	7,37	7,29	7,15	6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	-	-	-	-	-	-	30,9	38,3	15,6	27,7	40,8	< 100
Temperatura (°C)	-	-	-	-	-	-	24,3	26,5	23,5	25,0	25,2	-
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	-	-	-	-	-	-	231	231	211	127	205	< 500
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	5,65	5,92	6,91	6,04	3,92	> 5,0
DQO (mg/L)	-	34,6	7,3	-	-	6,6	50,0	28,0	16,0	16,0	34,0	-
DBO ₅ (mg/L)	-	12,5	5,0	-	-	4,7	8,4	16,0	6,0	8,0	21,0	< 5,0
Alumínio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,1
Cádmio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,001
Cobre (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,009
Cromo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,05
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	2,48	2,27	0,81	1,2	1,84	< 0,05
Níquel (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,025
Nitrato (mg/L)	-	-	16,5	-	-	22,7	20,8	22,2	29,9	15,4	21,0	< 10,0
Nitrito (mg/L)	-	-	1,06	-	-	0,73	1,61	0,67	0,35	0,72	3,56	< 1,0
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	12,22	-	-	5,15	22,6	10,15	1,93	4,13	6,47	<3,7 p/ pH<7,5 <2,0 p/ pH >7,5
Zinco (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,18
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS												
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	1986,3	>2419,6	1986,3	>2419,6	>2419,6	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	1986,3	>2419,6	1553,1	>2419,6	1553,1	< 1000

*ND – não detectado

Ponto 4 – Rib Morangueiro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro	CONAMA
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS												
pH	-	-	7,59	7,75	7,56	7,62	-	-	-	-	-	6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 100
Temperatura (°C)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 500
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	> 5,0
DQO (mg/L)	-	18,0	6,2	11,0	38,0	2,20	-	-	-	-	-	-
DBO ₅ (mg/L)	-	11,0	4,0	5,6	15,0	0,90	-	-	-	-	-	< 5,0
Alumínio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,1
Cádmio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,001
Cobre (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,009
Cromo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,05
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,05
Níquel (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,025
Nitrato (mg/L)	-	-	16,7	18,4	10,8	26,4	-	-	-	-	-	< 10,0
Nitrito (mg/L)	-	-	3,18	1,67	3,20	4,85	-	-	-	-	-	< 1,0
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	9,10	9,12	12,85	3,70	-	-	-	-	-	<3,7 p/ pH<7,5 <2,0 p/ pH >7,5
Zinco (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,18
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS												
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1000

*ND – não detectado

Ponto 5 – Rib. Morangueiro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro	CONAMA
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS												
pH	-	-	-	7,35	7,43	-	-	-	-	-	-	6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 100
Temperatura (°C)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 500
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	> 5,0
DQO (mg/L)	-	-	-	9,8	12,9	-	-	-	-	-	-	-
DBO ₅ (mg/L)	-	-	-	3,7	4,3	-	-	-	-	-	-	< 5,0
Alumínio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,1
Cádmio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,001
Cobre (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,009
Cromo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,05
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,05
Níquel (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,025
Nitrato (mg/L)	-	-	-	14,3	12,8	-	-	-	-	-	-	< 10,0
Nitrito (mg/L)	-	-	-	1,05	1,24	-	-	-	-	-	-	< 1,0
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	-	0,94	0,79	-	-	-	-	-	-	<3,7 p/ pH<7,5 <2,0 p/ pH >7,5
Zinco (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,18
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS												
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1000

*ND – não detectado

Ponto 6 – Rib. Morangueiro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro	CONAMA
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS												
pH	-	-	-	-	-	-	7,48	7,61	7,60	7,35	7,35	6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	-	-	-	-	-	-	3,98	10,3	2,52	62,9	4,57	< 100
Temperatura (°C)	-	-	-	-	-	-	24,9	24,0	23,2	25,0	25,3	-
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	-	-	-	-	-	-	200	187	193	120	202	< 500
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	5,97	7,66	8,03	7,40	7,04	> 5,0
DQO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	7,7	17,6	14,0	12,0	14,2	-
DBO ₅ (mg/L)	-	-	-	-	-	-	1,4	6,3	5,0	7,0	6,6	< 5,0
Alumínio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,1
Cádmio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,001
Cobre (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,009
Cromo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,05
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	0,67	0,41	0,94	0,70	0,43	< 0,05
Níquel (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,025
Nitrato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	27,5	25,0	16,9	13,3	26,1	< 10,0
Nitrito (mg/L)	-	-	-	-	-	-	7,7	0,08	3,05	1,82	3,67	< 1,0
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	-	-	-	-	2,3	1,08	5,64	1,49	1,01	<3,7 p/ pH<7,5 <2,0 p/ pH >7,5
Zinco (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,18
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS												
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	1299,7	980,4	1413,6	>2419,6	>249,6	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	1046,2	980,4	1203,3	>2419,6	>2419,6	< 1000

*ND – não detectado

Ponto 7 – Rib. Sarandi	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro	CONAMA
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS												
pH	-	-	-	-	-	-	7,91	7,97	7,60	7,43	7,72	6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	-	-	-	-	-	-	9,29	14,1	8,68	241	21,0	< 100
Temperatura (°C)	-	-	-	-	-	-	25,6	23,0	23,1	24,9	25,3	-
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	-	-	-	-	-	-	124	133	135	128	140	< 500
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	7,43	8,03	8,71	8,0	8,39	> 5,0
DQO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	4,4	1,2	2,2	8,2	3,0	-
DBO ₅ (mg/L)	-	-	-	-	-	-	1,2	0,5	0,7	3,0	2,2	< 5,0
Alumínio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,1
Cádmio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,001
Cobre (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,009
Cromo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,05
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	0,08	0,03	0,13	0,19	0,04	< 0,05
Níquel (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,025
Nitrato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	12,1	5,0	4,9	6,9	6,0	< 10,0
Nitrito (mg/L)	-	-	-	-	-	-	0,13	0,08	0,08	0,67	0,09	< 1,0
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	-	-	-	-	0,10	ND	0,023	0,29	0,06	<3,7 p/ pH<7,5 <2,0 p/ pH >7,5
Zinco (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,18
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS												
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	1553,1	>2419,6	1299,7	>2419,6	1986,3	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	195,6	238,2	325,5	1986,3	178,2	< 1000

*ND – não detectado

Ponto 8 – Rib. Sarandi	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro	CONAMA
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS												
pH	-	-	-	-	-	-	7,61	7,50	7,86	7,43	7,47	6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	-	-	-	-	-	-	7,28	19,0	4,87	155	12,5	< 100
Temperatura (°C)	-	-	-	-	-	-	25,4	23,2	23,2	24,9	25,1	-
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	-	-	-	-	-	-	143	142	150	140	180	< 500
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	6,82	7,32	8,26	7,80	7,62	> 5,0
DQO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	36	24,5	5,8	8,7	5,7	-
DBO ₅ (mg/L)	-	-	-	-	-	-	21	7,3	3,0	5,6	3,8	< 5,0
Alumínio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,1
Cádmio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,001
Cobre (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,009
Cromo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,05
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	0,37	0,25	0,34	0,23	0,22	< 0,05
Níquel (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,025
Nitrato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	21,2	ND	11,2	8,4	17,3	< 10,0
Nitrito (mg/L)	-	-	-	-	-	-	2,0	0,67	0,76	0,9	3,46	< 1,0
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	-	-	-	-	0,14	0,094	1,04	0,61	0,13	<3,7 p/ pH<7,5 <2,0 p/ pH>7,5
Zinco (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,18
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS												
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	1413,6	165,0	1413,6	913,9	1732,9	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	-	-	-	-	-	-	1046,2	165,0	816,4	870,4	1553,1	< 1000

*ND – não detectado

APÊNDICE E

**Resultados da carga de poluentes
nos ribeirões Morangueiro e Sarandi**

Carga de Poluentes

Ponto 1 – Rib. Morangueiro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS											
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	4382	3846	3364	3594	4597	6679	3887	7802	4986	3915	3172
Oxigênio dissolvido (mg/L)	225	225	207	183	246	270	168	268	210	224	124
DQO (mg/L)	144	154	374	40	453	177	131	183	150	227	119
DBO ₅ (mg/L)	30	51	134	15	112	36	44	45	50	85	41
Alumínio (mg/L)	11,7	35,4	59,8	16,2	1,5	34,1	-	-	-	-	-
Cádmio (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Total (mg/L)	1,2	3,9	0,75	0,76	0,57	5,24	-	-	-	-	-
Fósforo Total (mg/L)	0,9	5,75	0,311	6,4	ND	8,84	4,17	1,49	8,27	1,98	1,65
Níquel (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/L)	708	1129	1006	776	953	1218	810	1355	859	732	660
Nitrito (mg/L)	5,43	7,33	22,73	7,1	18,1	13,1	6,1	9,3	8,5	6,81	5,45
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,24	2,0	11,21	7,1	25,7	8,18	2,19	1,75	2,45	6,13	0,45
Zinco (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ponto 2 – Rib. Morangueiro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS											
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	9456	9061	8892	9218	7810	4520	7640	9290	8244	10705	12782
Oxigênio dissolvido (mg/L)	300	169	216	210	236	192	153	227	149	262	193
DQO (mg/L)	2715	2234	2613	3031	4390	794	2470	1637	1756	1664	2827
DBO ₅ (mg/L)	425	952	885	1024	1815	214	334	1064	476	868	1536
Alumínio (mg/L)	24,4	21,1	18,5	22,5	1,7	12,22	-	-	-	-	-
Cádmio (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Total (mg/L)	2,26	2,07	0,84	0,82	0,63	0,92	-	-	-	-	-
Fósforo Total (mg/L)	105	86	85	118	94	56	84	107	56	114	140
Níquel (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/L)	593	1199	889	918	730	791	448	945	1146	1663	1468
Nitrito (mg/L)	211	215	49	168	608	10	76	90	18	26	222
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	570	426	673	620	783	455	712	462	229	187	552
Zinco (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*ND – não detectado

Carga de Poluentes

Ponto 3 – Rib. Morangueiro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS											
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	-	-	-	-	-	-	15065	16199	20418	18233	15160
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	368	415	668	867	290
DQO (mg/L)	-	2055	615	-	-	383	3261	1963	1548	2297	2514
DBO ₅ (mg/L)	-	742	421	-	-	273	548	1122	580	1148	1553
Alumínio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cádmio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	162	159	78	172	136
Níquel (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/L)	-	-	1389	-	-	1317	1357	1557	2893	2211	1553
Nitrito (mg/L)	-	-	89	-	-	42	105	47	34	103	263
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	1029	-	-	299	1474	712	187	593	478
Zinco (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ponto 4- Rib. Morangueiro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS											
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DQO (mg/L)	-	1134	566	989	3107	144	-	-	-	-	-
DBO ₅ (mg/L)	-	693	364	504	1227	59	-	-	-	-	-
Alumínio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cádmio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Níquel (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/L)	-	-	1518	1654	883	1734	-	-	-	-	-
Nitrito (mg/L)	-	-	289	150	262	318	-	-	-	-	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	827	820	1051	243	-	-	-	-	-
Zinco (mg/L)	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*ND – não detectado

Carga de Poluentes

Ponto 6 – Rib. Morangueiro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS											
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	-	-	-	-	-	-	18183	16903	19835	36532	31174
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	543	692	825	2253	1086
DQO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	700	1591	1439	3653	2191
DBO ₅ (mg/L)	-	-	-	-	-	-	127	569	514	2131	1018
Alumínio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cádmio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	61	37	96	213	66
Níquel (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	2500	2260	1737	4049	4028
Nitrito (mg/L)	-	-	-	-	-	-	700	7231	313	554	566
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	-	-	-	-	209	97	580	454	155
Zinco (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ponto 7 – Rib. Sarandi	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro	Dezembro
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS											
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	-	-	-	-	-	-	6198	5986	4910	12963	5737
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	371	361	317	810	344
DQO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	220	54	80	830	123
DBO ₅ (mg/L)	-	-	-	-	-	-	59	22	25	304	90
Alumínio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cádmio (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	4,0	1,4	4,7	19	1,6
Níquel (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	605	225	178	699	246
Nitrito (mg/L)	-	-	-	-	-	-	6,5	3,6	2,9	67	3,7
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	-	-	-	-	-	5,0	ND	0,84	29	2,46
Zinco (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*ND – não detectado

APÊNDICE F

Resultados da autodepuração Modelo de Streeter-Phelps

Cálculo da autodepuração

Mês: Janeiro

Dados de entrada:	Valor Utilizado	
Qrio (m ³ /s)	0,35	Ponto 1 (Tabela 4.3)
Qe (m ³ /s)	0,082	Fornecido pela Sanepar
ODrio (mg/l)	7,52	Ponto 1 (Anexo D)
ODe (mg/l)	0	Item 2.7.1. "d" (Tratamento anaeróbio)
DBOrío (mg/l)	1	Ponto 1 (Anexo D)
DBOe (mg/l)	350	Item 2.7.1. "f"
K1 20° tab (d ⁻¹)	0,24	Tabela 2.4 (Efluente secundário)
T (°C)	24,10	Ponto 1 (Anexo D)
K1T (d ⁻¹)	0,29	Equação 2.3
H media (m)	0,48	medidas no local
Vrio media (m/s)	0,32	medidas no local
K2 20° tab (d ⁻¹)	5,64	Tabela 2.6
K2T (d ⁻¹)	6,22	Equação 2.4
t (dias)	0,34	Equação 2.5
Cs (mg/l)	8,1	Tabela 2.7
OD min. (mg/l)	5,00	Resolução 357/05 CONAMA

Dados de saída:	d(Km)	t(d)	Ct (mg/l)
a) Concentração de oxigênio da mistura (C ₀):	0,0	0,00	6,10
	2,0	0,07	5,27
C ₀ (mg/l) =	4,0	0,14	4,75
	6,0	0,22	4,44
Déficit de oxigênio (D ₀):	8,0	0,29	4,26
D ₀ (mg/l) =	10,0	0,36	4,17
	12,0	0,43	4,14
b) Concentração de DBO última da mistura (L ₀):	14,0	0,51	4,14
	16,0	0,58	4,18
DBO ₅₀ (mg/l)	18,0	0,65	4,22
K _T =	20,0	0,72	4,28
L ₀ (mg/l) =	22,0	0,80	4,35
c) Tempo crítico (tc) e distância crítica (dc):			
tc (dias) =	0,45 d		
dc (m) =	12441,6	12,40 Km	
d) Concentração crítica de oxigênio (ODc)			
Dc (mg/l) =	4 mg/l		
ODc =	4,1 mg/l		
e) Perfil de oxigênio dissolvido:			
Ct =	4,2 mg/l		

Cálculo da autodepuração

Mês: Fevereiro

Dados de entrada:	Valor Utilizado	
Qrio (m ³ /s)	0,35	Ponto 1 (Tabela 4.3)
Qe (m ³ /s)	0,087	Fornecido pela Sanepar
ODrio (mg/l)	7,43	Ponto 1 (Anexo D)
ODe (mg/l)	0	Item 2.7.1. "d" (Tratamento anaeróbio)
DBOrío (mg/l)	1,7	Ponto 1 (Anexo D)
DBOe (mg/l)	350	Item 2.7.1. "f"
K1 20° tab (d ⁻¹)	0,18	Tabela 2.4 (Efluente secundário)
T (°C)	22,70	Ponto 1 (Anexo D)
K1T (d ⁻¹)	0,20	Equação 2.3
H media (m)	0,47	medidas no local
Vrio media (m/s)	0,31	medidas no local
K2 20° tab (d ⁻¹)	5,66	Tabela 2.6
K2T (d ⁻¹)	6,04	Equação 2.4
t (dias)	0,35	Equação 2.5
Cs (mg/l)	8,2	Tabela 2.7
OD min. (mg/l)	5,00	Resolução 357/05 CONAMA

Dados de saída:	d(Km)	t(d)	Ct (mg/l)
a) Concentração de oxigênio da mistura (C ₀):	0,0	0,00	6,00
	2,0	0,07	5,39
C ₀ (mg/l) = 6 mg/l	4,0	0,15	5,02
	6,0	0,22	4,79
Déficit de oxigênio (D ₀):	8,0	0,30	4,66
D ₀ (mg/l) = 2,2 mg/l	10,0	0,37	4,60
	12,0	0,45	4,57
b) Concentração de DBO última da mistura (L ₀):	14,0	0,52	4,58
	16,0	0,60	4,60
DBO ₅₀ (mg) 71 mg/l	18,0	0,67	4,63
K _T = 1,56	20,0	0,75	4,67
L ₀ (mg/l) = 111 mg/l	22,0	0,82	4,72
c) Tempo crítico (tc) e distância crítica (dc):			
tc (dias) = 0,47 d			
dc (m) = 12588,48	12,60 Km		
d) Concentração crítica de oxigênio (ODc)			
Dc (mg/l) = 3,6 mg/l			
ODc = 4,6 mg/l			
e) Perfil de oxigênio dissolvido:			
Ct = 4,6 mg/l			

Cálculo da autodepuração

Mês: Março

Dados de entrada:	Valor Utilizado	
Qrio (m ³ /s)	0,36	Ponto 1 (Tabela 4.3)
Qe (m ³ /s)	0,084	Fornecido pela Sanepar
ODrio (mg/l)	6,64	Ponto 1 (Anexo D)
ODe (mg/l)	0	Item 2.7.1. "d" (Tratamento anaeróbio)
DBOrío (mg/l)	4,3	Ponto 1 (Anexo D)
DBOe (mg/l)	350	Item 2.7.1. "f"
K1 20° tab (d ⁻¹)	0,18	Tabela 2.4 (Efluente secundário)
T (°C)	28,70	Ponto 1 (Anexo D)
K1T (d ⁻¹)	0,27	Equação 2.3
H media (m)	0,41	medidas no local
Vrio media (m/s)	0,35	medidas no local
K2 20° tab (d ⁻¹)	8,01	Tabela 2.6
K2T (d ⁻¹)	9,84	Equação 2.4
t (dias)	0,31	Equação 2.5
Cs (mg/l)	7,4	Tabela 2.7
OD min. (mg/l)	5,00	Resolução 357/05 CONAMA

Dados de saída:	d(Km)	t(d)	Ct (mg/l)
a) Concentração de oxigênio da mistura (C ₀):	0,0	0,00	5,40
	2,0	0,07	4,93
C ₀ (mg/l) =	4,0	0,13	4,67
	6,0	0,20	4,54
Déficit de oxigênio (D ₀):	8,0	0,26	4,49
D ₀ (mg/l) =	10,0	0,33	4,48
	12,0	0,40	4,49
b) Concentração de DBO última da mistura (L ₀):	14,0	0,46	4,52
	16,0	0,53	4,56
DBO ₅₀ (mg/l) =	18,0	0,60	4,60
K _T =	20,0	0,66	4,65
L ₀ (mg/l) =	22,0	0,73	4,69
c) Tempo crítico (tc) e distância crítica (dc):			
tc (dias) =		0,32 d	
dc (m) =	9676,8		9,70 Km
d) Concentração crítica de oxigênio (ODc)			
Dc (mg/l) =		2,9 mg/l	
ODc =		4,5 mg/l	
e) Perfil de oxigênio dissolvido:			
Ct =		4,5 mg/l	

Cálculo da autodepuração

Mês: Abril

Dados de entrada:	Valor Utilizado	
Qrio (m ³ /s)	0,29	Ponto 1 (Tabela 4.3)
Qe (m ³ /s)	0,085	Fornecido pela Sanepar
ODrio (mg/l)	7,25	Ponto 1 (Anexo D)
ODe (mg/l)	0	Item 2.7.1. "d" (Tratamento anaeróbio)
DBOrío (mg/l)	0,6	Ponto 1 (Anexo D)
DBOe (mg/l)	350	Item 2.7.1. "f"
K1 20° tab (d ⁻¹)	0,18	Tabela 2.4 (Efluente secundário)
T (°C)	25,20	Ponto 1 (Anexo D)
K1T (d ⁻¹)	0,23	Equação 2.3
H media (m)	0,39	medidas no local
Vrio media (m/s)	0,34	medidas no local
K2 20° tab (d ⁻¹)	8,46	Tabela 2.6
K2T (d ⁻¹)	9,57	Equação 2.4
t (dias)	0,32	Equação 2.5
Cs (mg/l)	8	Tabela 2.7
OD min. (mg/l)	5,00	Resolução 357/05 CONAMA

Dados de saída:	d(Km)	t(d)	Ct (mg/l)
a) Concentração de oxigênio da mistura (C ₀):	0,0	0,00	5,60
	2,0	0,07	5,27
C ₀ (mg/l) =	4,0	0,14	5,10
	6,0	0,20	5,03
Déficit de oxigênio (D ₀):	8,0	0,27	5,01
D ₀ (mg/l) =	10,0	0,34	5,02
	12,0	0,41	5,04
b) Concentração de DBO última da mistura (L ₀):	14,0	0,48	5,08
	16,0	0,54	5,12
DBO ₅₀ (mg/l) :	18,0	0,61	5,16
K _T =	20,0	0,68	5,20
L ₀ (mg/l) =	22,0	0,75	5,24
c) Tempo crítico (tc) e distância crítica (dc):			
tc (dias) =		0,28 d	
dc (m) =	8225,28		8,20 Km
d) Concentração crítica de oxigênio (ODc)			
Dc (mg/l) =		3 mg/l	
ODc =		5,0 mg/l	
e) Perfil de oxigênio dissolvido:			
Ct =		5 mg/l	

Cálculo da autodepuração

Mês: Maio

Dados de entrada:	Valor Utilizado	
Qrio (m ³ /s)	0,35	Ponto 1 (Tabela 4.3)
Qe (m ³ /s)	0,082	Fornecido pela Sanepar
ODrio (mg/l)	8,13	Ponto 1 (Anexo D)
ODe (mg/l)	0	Item 2.7.1. "d" (Tratamento anaeróbio)
DBOrío (mg/l)	3,7	Ponto 1 (Anexo D)
DBOe (mg/l)	350	Item 2.7.1. "f"
K1 20° tab (d ⁻¹)	0,18	Tabela 2.4 (Efluente secundário)
T (°C)	25,20	Ponto 1 (Anexo D)
K1T (d ⁻¹)	0,23	Equação 2.3
H media (m)	0,38	medidas no local
Vrio media (m/s)	0,31	medidas no local
K2 20° tab (d ⁻¹)	8,08	Tabela 2.6
K2T (d ⁻¹)	9,14	Equação 2.4
t (dias)	0,35	Equação 2.5
Cs (mg/l)	8	Tabela 2.7
OD min. (mg/l)	5,00	Resolução 357/05 CONAMA

Dados de saída:

	d(Km)	t(d)	Ct (mg/l)
a) Concentração de oxigênio da mistura (C ₀):	0,0	0,00	6,60
	2,0	0,07	5,95
C ₀ (mg/l) = 6,6 mg/l	4,0	0,15	5,62
	6,0	0,22	5,46
Déficit de oxigênio (D ₀):	8,0	0,30	5,39
D ₀ (mg/l) = 1,4 mg/l	10,0	0,37	5,38
	12,0	0,45	5,39
b) Concentração de DBO última da mistura (L ₀):	14,0	0,52	5,41
	16,0	0,60	5,45
DBO ₅₀ (mg) 69 mg/l	18,0	0,67	5,48
K _T = 1,47	20,0	0,75	5,52
L ₀ (mg/l) = 101 mg/l	22,0	0,82	5,56
c) Tempo crítico (tc) e distância crítica (dc):			
tc (dias) = 0,37 d			
dc (m) = 9910,08	9,90 Km		
d) Concentração crítica de oxigênio (ODc)			
Dc (mg/l) = 2,6 mg/l			
ODc = 5,4 mg/l			
e) Perfil de oxigênio dissolvido:			
Ct = 5,4 mg/l			

Cálculo da autodepuração

Mês: Junho

Dados de entrada:	Valor Utilizado	
Qrio (m ³ /s)	0,35	Ponto 1 (Tabela 4.3)
Qe (m ³ /s)	0,082	Fornecido pela Sanepar
ODrio (mg/l)	8,25	Ponto 1 (Anexo D)
ODe (mg/l)	0	Item 2.7.1. "d" (Tratamento anaeróbio)
DBOrío (mg/l)	1,1	Ponto 1 (Anexo D)
DBOe (mg/l)	350	Item 2.7.1. "f"
K1 20° tab (d ⁻¹)	0,18	Tabela 2.4 (Efluente secundário)
T (°C)	22,30	Ponto 1 (Anexo D)
K1T (d ⁻¹)	0,20	Equação 2.3
H media (m)	0,39	medidas no local
Vrio media (m/s)	0,33	medidas no local
K2 20° tab (d ⁻¹)	8,22	Tabela 2.6
K2T (d ⁻¹)	8,68	Equação 2.4
t (dias)	0,33	Equação 2.5
Cs (mg/l)	8,3	Tabela 2.7
OD min. (mg/l)	5,00	Resolução 357/05 CONAMA

Dados de saída:

	d(Km)	t(d)	Ct (mg/l)
a) Concentração de oxigênio da mistura (C ₀):	0,0	0,00	6,70
	2,0	0,07	6,28
C ₀ (mg/l) = 6,7 mg/l	4,0	0,14	6,06
	6,0	0,21	5,95
Déficit de oxigênio (D ₀):	8,0	0,28	5,90
D ₀ (mg/l) = 1,6 mg/l	10,0	0,35	5,89
	12,0	0,42	5,90
b) Concentração de DBO última da mistura (L ₀):	14,0	0,49	5,92
	16,0	0,56	5,95
DBO ₅₀ (mg) 67 mg/l	18,0	0,63	5,98
K _T = 1,58	20,0	0,70	6,01
L ₀ (mg/l) = 106 mg/l	22,0	0,77	6,04
c) Tempo crítico (tc) e distância crítica (dc):			
tc (dias) = 0,35 d			
dc (m) = 9979,2	10,00 Km		
d) Concentração crítica de oxigênio (ODc)			
Dc (mg/l) = 2,4 mg/l			
ODc = 5,9 mg/l			
e) Perfil de oxigênio dissolvido:			
Ct = 5,9 mg/l			

Cálculo da autodepuração

Mês: Julho

Dados de entrada:	Valor Utilizado	
Qrio (m ³ /s)	0,25	Ponto 1 (Tabela 4.3)
Qe (m ³ /s)	0,099	Fornecido pela Sanepar
ODrio (mg/l)	7,67	Ponto 1 (Anexo D)
ODe (mg/l)	0	Item 2.7.1. "d" (Tratamento anaeróbio)
DBOrío (mg/l)	2	Ponto 1 (Anexo D)
DBOe (mg/l)	350	Item 2.7.1. "f"
K1 20° tab (d ⁻¹)	0,18	Tabela 2.4 (Efluente secundário)
T (°C)	23,30	Ponto 1 (Anexo D)
K1T (d ⁻¹)	0,21	Equação 2.3
H media (m)	0,41	medidas no local
Vrio media (m/s)	0,34	medidas no local
K2 20° tab (d ⁻¹)	7,78	Tabela 2.6
K2T (d ⁻¹)	8,42	Equação 2.4
t (dias)	0,32	Equação 2.5
Cs (mg/l)	8,2	Tabela 2.7
OD min. (mg/l)	5,00	Resolução 357/05 CONAMA

Dados de saída:

	d(Km)	t(d)	Ct (mg/l)
a) Concentração de oxigênio da mistura (C ₀):	0,0	0,00	5,50
	2,0	0,07	4,90
C ₀ (mg/l) = 5,5 mg/l	4,0	0,14	4,57
	6,0	0,20	4,40
Déficit de oxigênio (D ₀):	8,0	0,27	4,32
D ₀ (mg/l) = 2,7 mg/l	10,0	0,34	4,30
	12,0	0,41	4,31
b) Concentração de DBO última da mistura (L ₀):	14,0	0,48	4,34
	16,0	0,54	4,37
DBO ₅₀ (mg) 101 mg/l	18,0	0,61	4,42
K _T = 1,54	20,0	0,68	4,47
L ₀ (mg/l) = 156 mg/l	22,0	0,75	4,52
c) Tempo crítico (tc) e distância crítica (dc):			
tc (dias) = 0,35 d			
dc (m) = 10281,6	10,30 Km		
d) Concentração crítica de oxigênio (ODc)			
Dc (mg/l) = 3,9 mg/l			
ODc = 4,3 mg/l			
e) Perfil de oxigênio dissolvido:			
Ct = 4,3 mg/l			

Cálculo da autodepuração

Mês: Agosto

Dados de entrada:	Valor Utilizado	
Qrio (m ³ /s)	0,43	Ponto 1 (Tabela 4.3)
Qe (m ³ /s)	0,106	Fornecido pela Sanepar
ODrio (mg/l)	7,19	Ponto 1 (Anexo D)
ODe (mg/l)	0	Item 2.7.1. "d" (Tratamento anaeróbio)
DBOrío (mg/l)	1,2	Ponto 1 (Anexo D)
DBOe (mg/l)	350	Item 2.7.1. "f"
K1 20° tab (d ⁻¹)	0,18	Tabela 2.4 (Efluente secundário)
T (°C)	27,40	Ponto 1 (Anexo D)
K1T (d ⁻¹)	0,25	Equação 2.3
H media (m)	0,43	medidas no local
Vrio media (m/s)	0,26	medidas no local
K2 20° tab (d ⁻¹)	5,54	Tabela 2.6
K2T (d ⁻¹)	6,60	Equação 2.4
t (dias)	0,42	Equação 2.5
Cs (mg/l)	7,7	Tabela 2.7
OD min. (mg/l)	5,00	Resolução 357/05 CONAMA

Dados de saída:	d(Km)	t(d)	Ct (mg/l)
a) Concentração de oxigênio da mistura (C ₀):	0,0	0,00	5,80
	2,0	0,09	4,84
C ₀ (mg/l) =	4,0	0,18	4,29
	6,0	0,27	3,99
Déficit de oxigênio (D ₀):	8,0	0,36	3,84
D ₀ (mg/l) =	10,0	0,45	3,79
	12,0	0,53	3,79
b) Concentração de DBO última da mistura (L ₀):	14,0	0,62	3,82
	16,0	0,71	3,88
DBO ₅₀ (mg/l) =	18,0	0,80	3,94
K _T =	20,0	0,89	4,02
L ₀ (mg/l) =	22,0	0,98	4,09
c) Tempo crítico (tc) e distância crítica (dc):			
tc (dias) =		0,48 d	
dc (m) =	10782,72		10,80 Km
d) Concentração crítica de oxigênio (ODc)			
Dc (mg/l) =		3,9 mg/l	
ODc =		3,8 mg/l	
e) Perfil de oxigênio dissolvido:			
Ct =		3,8 mg/l	

Cálculo da autodepuração

Mês: Setembro

Dados de entrada:	Valor Utilizado
Qrio (m ³ /s)	0,29 Ponto 1 (Tabela 4.3)
Qe (m ³ /s)	0,107 Fornecido pela Sanepar
ODrio (mg/l)	8,39 Ponto 1 (Anexo D)
ODe (mg/l)	0 Item 2.7.1. "d" (Tratamento anaeróbio)
DBOrío (mg/l)	2 Ponto 1 (Anexo D)
DBOe (mg/l)	350 Item 2.7.1. "f"
K1 20° tab (d ⁻¹)	0,18 Tabela 2.4 (Efluente secundário)
T (°C)	23,70 Ponto 1 (Anexo D)
K1T (d ⁻¹)	0,21 Equação 2.3
H media (m)	0,41 medidas no local
Vrio media (m/s)	0,18 medidas no local
K2 20° tab (d ⁻¹)	4,20 Tabela 2.6
K2T (d ⁻¹)	4,59 Equação 2.4
t (dias)	0,61 Equação 2.5
Cs (mg/l)	8,1 Tabela 2.7
OD min. (mg/l)	5,00 Resolução 357/05 CONAMA

Dados de saída:	d(Km)	t(d)	Ct (mg/l)
a) Concentração de oxigênio da mistura (C ₀):	0,0	0,00	6,10
	2,0	0,13	3,89
C ₀ (mg/l) = 6,1 mg/l	4,0	0,26	2,68
	6,0	0,39	2,05
Déficit de oxigênio (D ₀):	8,0	0,51	1,77
D ₀ (mg/l) = 2 mg/l	10,0	0,64	1,68
	12,0	0,77	1,70
b) Concentração de DBO última da mistura (L ₀):	14,0	0,90	1,78
	16,0	1,03	1,90
DBO ₅₀ (mg) 96 mg/l	18,0	1,16	2,04
K _T = 1,52	20,0	1,29	2,19
L ₀ (mg/l) = 146 mg/l	22,0	1,41	2,34
c) Tempo crítico (tc) e distância crítica (dc):			
tc (dias) = 0,67 d			
dc (m) = 10419,84	10,40 Km		
d) Concentração crítica de oxigênio (ODc)			
Dc (mg/l) = 6,4 mg/l			
ODc = 1,7 mg/l			
e) Perfil de oxigênio dissolvido:			
Ct = 1,7 mg/l			

Cálculo da autodepuração

Mês: Novembro

Dados de entrada:	Valor Utilizado	
Qrio (m ³ /s)	0,33	Ponto 1 (Tabela 4.3)
Qe (m ³ /s)	0,099	Fornecido pela Sanepar
ODrio (mg/l)	7,91	Ponto 1 (Anexo D)
ODe (mg/l)	0	Item 2.7.1. "d" (Tratamento anaeróbio)
DBOrío (mg/l)	3	Ponto 1 (Anexo D)
DBOe (mg/l)	350	Item 2.7.1. "f"
K1 20° tab (d ⁻¹)	0,18	Tabela 2.4 (Efluente secundário)
T (°C)	24,90	Ponto 1 (Anexo D)
K1T (d ⁻¹)	0,23	Equação 2.3
H media (m)	0,68	medidas no local
Vrio media (m/s)	0,21	medidas no local
K2 20° tab (d ⁻¹)	2,10	Tabela 2.6
K2T (d ⁻¹)	2,35	Equação 2.4
t (dias)	0,52	Equação 2.5
Cs (mg/l)	8	Tabela 2.7
OD min. (mg/l)	5,00	Resolução 357/05 CONAMA

Dados de saída:	d(Km)	t(d)	Ct (mg/l)
a) Concentração de oxigênio da mistura (C ₀):	0,0	0,00	6,10
	2,0	0,11	3,80
C ₀ (mg/l) = 6,1 mg/l	4,0	0,22	2,04
	6,0	0,33	0,70
Déficit de oxigênio (D ₀):	8,0	0,44	-0,29
D ₀ (mg/l) = 1,9 mg/l	10,0	0,55	-1,02
	12,0	0,66	-1,54
b) Concentração de DBO última da mistura (L ₀):	14,0	0,77	-1,89
	16,0	0,88	-2,12
DBO ₅₀ (mg) 83 mg/l	18,0	0,99	-2,24
K _T = 1,48	20,0	1,10	-2,28
L ₀ (mg/l) = 123 mg/l	22,0	1,21	-2,26
	24,0	1,32	-2,20
c) Tempo crítico (tc) e distância crítica (dc):	26,0	1,43	-2,09
	28,0	1,54	-1,96
tc (dias) = 1,12 d	30,0	1,65	-1,81
dc (m) = 20321,28 20,30 Km	32,0	1,76	-1,64
	34,0	1,87	-1,46
d) Concentração crítica de oxigênio (ODc)	36,0	1,98	-1,28
	38,0	2,09	-1,09
Dc (mg/l) = 10,3 mg/l	40,0	2,20	-0,89
ODc = -2,3 mg/l	42,0	2,31	-0,70
	44,0	2,43	-0,50
e) Perfil de oxigênio dissolvido:	46,0	2,54	-0,31
	48,0	2,65	-0,12
Ct = -0,9 mg/l	50,0	2,76	0,07

Cálculo da autodepuração

Mês: Dezembro

Dados de entrada:	Valor Utilizado
Qrio (m ³ /s)	0,19 Ponto 1 (Tabela 4.3)
Qe (m ³ /s)	0,11 Fornecido pela Sanepar
ODrio (mg/l)	7,5 Ponto 1 (Anexo D)
ODe (mg/l)	0 Item 2.7.1. "d" (Tratamento anaeróbio)
DBOrío (mg/l)	2,5 Ponto 1 (Anexo D)
DBOe (mg/l)	350 Item 2.7.1. "f"
K1 20° tab (d ⁻¹)	0,18 Tabela 2.4 (Efluente secundário)
T (°C)	25,50 Ponto 1 (Anexo D)
K1T (d ⁻¹)	0,23 Equação 2.3
H media (m)	0,41 medidas no local
Vrio media (m/s)	0,20 medidas no local
K2 20° tab (d ⁻¹)	4,65 Tabela 2.6
K2T (d ⁻¹)	5,30 Equação 2.4
t (dias)	0,55 Equação 2.5
Cs (mg/l)	8 Tabela 2.7
OD min. (mg/l)	5,00 Resolução 357/05 CONAMA

Dados de saída:	d(Km)	t(d)	Ct (mg/l)
a) Concentração de oxigênio da mistura (C ₀):	0,0	0,00	4,80
	2,0	0,12	2,25
C ₀ (mg/l) = 4,8 mg/l	4,0	0,23	0,86
	6,0	0,35	0,15
Déficit de oxigênio (D ₀):	8,0	0,46	-0,16
D ₀ (mg/l) = 3,2 mg/l	10,0	0,58	-0,25
	12,0	0,69	-0,21
b) Concentração de DBO última da mistura (L ₀):	14,0	0,81	-0,10
	16,0	0,93	0,05
DBO ₅₀ (mg) 130 mg/l	18,0	1,04	0,23
K _T = 1,46	20,0	1,16	0,41
L ₀ (mg/l) = 190 mg/l	22,0	1,27	0,60
c) Tempo crítico (tc) e distância crítica (dc):			
tc (dias) = 0,59 d			
dc (m) = 10195,2	10,20 Km		
d) Concentração crítica de oxigênio (ODc)			
Dc (mg/l) = 8,3 mg/l			
ODc = -0,3 mg/l			
e) Perfil de oxigênio dissolvido:			
Ct = -0,2 mg/l			

APÊNDICE G

Resultados de cálculo do Indicador de Qualidade da Água (IQA)

Cálculo do IQA - Janeiro/08

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2
Coliformes	2419,60	2419,60
pH	7,59	7,63
DBO	1,00	9,40
Nitrogenio	23,79	30,36
Fosforo	0,03	2,32
Temperatura	24,10	24,10
Turbidez	7,20	10,30
Solidos	146,00	209,00
OD	7,52	6,63
IQA	46	33

Parâmetros Ponto 1	q^{wi}	q_i
Coliformes	2419,60	1,49
pH	7,59	1,73
DBO	1,00	1,56
Nitrogenio	23,79	1,41
Fosforo	0,03	1,59
Temperatura	24,10	1,17
Turbidez	7,20	1,42
Solidos	146,00	1,42
OD	7,52	2,17
Csat	8,32	
OD sat	90,40	
IQA		46,44

Parâmetros Ponto 2	q^{wi}	q_i
Coliformes	2419,60	1,49
pH	7,63	1,73
DBO	9,40	1,41
Nitrogenio	30,36	1,37
Fosforo	2,32	1,35
Temperatu	24,10	1,17
Turbidez	10,30	1,41
Solidos	209,00	1,41
OD	6,63	2,13
Csat	8,32	
OD sat	79,70	
IQA		33,43

Cálculo do IQA - Fevereiro/08

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2
Coliformes	791,50	1986,30
pH	7,44	7,33
DBO	1,70	23,00
Nitrogenio	37,61	44,49
Fosforo	0,19	2,09
Temperatura	22,70	22,70
Turbidez	76,50	59,20
Solidos	127,00	219,00
OD	7,43	4,09
IQA	40	22

Parâmetros Ponto 1	q^{wi}	q_i
Coliformes	791,50	1,57
pH	7,44	1,73
DBO	1,70	1,55
Nitrogenio	37,61	1,32
Fosforo	0,19	1,55
Temperatura	22,70	1,17
Turbidez	76,50	1,28
Solidos	127,00	1,42
OD	7,43	2,16
Csat	8,55	
OD sat	86,92	
IQA		39,74

Parâmetros Ponto 2	q^{wi}	q_i
Coliformes	1986,30	1,50
pH	7,33	1,73
DBO	23,00	1,19
Nitrogenio	44,49	1,28
Fosforo	2,09	1,36
Temperatu	22,70	1,17
Turbidez	59,20	1,32
Solidos	219,00	1,41
OD	4,09	1,88
Csat	8,55	
OD sat	47,85	
IQA		22,00

Cálculo do IQA - Março/08

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2
Coliformes	1986,30	2419,60
pH	7,09	7,31
DBO	4,30	21,00
Nitrogenio	33,39	38,24
Fosforo	0,01	2,03
Temperatura	28,70	29,00
Turbidez	133,00	47,10
Solidos	108,00	211,00
OD	6,64	5,12
IQA	34	26

Parâmetros Ponto 1	q^{wi}	q_i
Coliformes	1986,30	1,50
pH	7,09	1,72
DBO	4,30	1,50
Nitrogenio	33,39	1,35
Fosforo	0,01	1,59
Temperatura	28,70	1,17
Turbidez	133,00	1,14
Solidos	108,00	1,43
OD	6,64	2,16
Csat	7,62	
OD sat	87,11	
IQA	34,32	

Parâmetros Ponto 2	q^{wi}	q_i
Coliformes	2419,60	1,49
pH	7,31	1,73
DBO	21,00	1,22
Nitrogenio	38,24	1,32
Fosforo	2,03	1,37
Temperatura	29,00	1,17
Turbidez	47,10	1,34
Solidos	211,00	1,41
OD	5,12	2,06
Csat	7,58	
OD sat	67,55	
IQA	25,73	

Cálculo do IQA - Abril/08

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2
Coliformes	1732,90	1986,30
pH	7,26	7,48
DBO	0,60	25,00
Nitrogenio	31,26	41,63
Fosforo	0,25	2,89
Temperatura	25,20	25,90
Turbidez	44,20	53,20
Solidos	142,00	225,00
OD	7,25	5,12
IQA	42	23

Parâmetros Ponto 1	q^{wi}	q_i
Coliformes	1732,90	1,51
pH	7,26	1,72
DBO	0,60	1,57
Nitrogenio	31,26	1,36
Fosforo	0,25	1,54
Temperatura	25,20	1,17
Turbidez	44,20	1,34
Solidos	142,00	1,42
OD	7,25	2,17
Csat	8,14	
OD sat	89,02	
IQA	41,66	

Parâmetros Ponto 2	q^{wi}	q_i
Coliformes	1986,30	1,50
pH	7,48	1,73
DBO	25,00	1,16
Nitrogenio	41,63	1,30
Fosforo	2,89	1,33
Temperatura	25,90	1,17
Turbidez	53,20	1,33
Solidos	225,00	1,41
OD	5,12	2,03
Csat	8,04	
OD sat	63,71	
IQA	23,15	

Cálculo do IQA - Maio/08

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2
Coliformes	727,00	2419,60
pH	7,20	7,31
DBO	3,70	43,00
Nitrogenio	32,95	50,25
Fosforo	0,00	2,22
Temperatura	25,20	26,20
Turbidez	45,50	78,10
Solidos	152,00	185,00
OD	8,13	5,59
IQA	62	18

Parâmetros Ponto 1	q^{wi}	q_i
Coliformes	727,0	1,64
pH	7,2	1,82
DBO	3,7	1,59
Nitrogenio	33,0	1,40
Fosforo	0,0	1,60
Temperatu	25,2	1,20
Turbidez	45,5	1,41
Solidos	152,0	1,50
OD	8,1	2,31
Csat	8,14	
OD sat	99,82	
IQA	62,13	

Parâmetros Ponto 2	q^{wi}	q_i
Coliformes	2419,60	1,49
pH	7,31	1,73
DBO	43,00	0,92
Nitrogenio	50,25	1,25
Fosforo	2,22	1,36
Temperatu	26,20	1,17
Turbidez	78,10	1,27
Solidos	185,00	1,42
OD	5,59	2,08
Csat	7,99	
OD sat	69,96	
IQA	17,66	

Cálculo do IQA - Junho/08

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2
Coliformes	2419,60	1119,90
pH	7,35	7,54
DBO	1,10	7,00
Nitrogenio	37,85	41,13
Fosforo	0,27	1,84
Temperatura	22,30	22,40
Turbidez	80,20	17,00
Solidos	204,00	148,00
OD	8,25	6,27
IQA	37	34

Parâmetros Ponto 1	q^{wi}	q_i
Coliformes	2419,60	1,49
pH	7,35	1,73
DBO	1,10	1,56
Nitrogenio	37,85	1,32
Fosforo	0,27	1,53
Temperatu	22,30	1,17
Turbidez	80,20	1,27
Solidos	204,00	1,41
OD	8,25	2,18
Csat	8,62	
OD sat	95,76	
IQA	37,15	

Parâmetros Ponto 2	q^{wi}	q_i
Coliformes	1119,90	1,54
pH	7,54	1,73
DBO	7,00	1,45
Nitrogenio	41,13	1,30
Fosforo	1,84	1,38
Temperatu	22,40	1,17
Turbidez	17,00	1,40
Solidos	148,00	1,42
OD	6,27	2,10
Csat	8,60	
OD sat	72,92	
IQA	33,93	

Cálculo do IQA - Julho/08

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
Coliformes	1203,10	1986,30	1986,30	1046,20	195,60	1046,20
pH	7,35	7,43	7,46	7,48	7,91	7,61
DBO	2,00	13,00	8,40	1,40	1,20	21,00
Nitrogenio	37,28	48,06	45,01	37,50	12,33	23,34
Fosforo	0,19	3,28	2,48	0,67	0,08	0,37
Temperatura	23,30	24,00	24,30	24,90	25,60	25,40
Turbidez	30,50	63,20	30,90	3,98	9,29	7,28
Solidos	177,00	297,00	231,00	200,00	124,00	143,00
OD	7,67	5,96	5,65	5,97	7,43	6,82
IQA	41,59	25,79	29,68	40,44	54,00	35,68

Parâmetros Ponto 3	q ^{wl}	q _i
Coliformes	1986,3	15,08
pH	7,46	97,42
DBO	8,4	33,96
Nitrogenio	45,01	11,68
Fosforo	2,48	19,29
Temperatura	24,3	5,00
Turbidez	30,9	50,06
Solidos	231	70,53
OD	5,65	71,26
Csat	8,29	
OD sat	68,18	
IQA	29,68	

Parâmetros Ponto 7	q ^{wl}	q _i
Coliformes	195,6	31,10
pH	7,91	91,49
DBO	1,2	83,28
Nitrogenio	12,33	51,81
Fosforo	0,08	94,29
Temperatura	25,6	5,00
Turbidez	9,29	77,40
Solidos	124	83,95
OD	7,43	96,32
Csat	8,08	
OD sat	91,93	
IQA	54,00	

Parâmetros Ponto 1	q ^{wl}	q _i
Coliformes	1203,1	17,65
pH	7,35	95,56
DBO	2	75,38
Nitrogenio	37,28	16,61
Fosforo	0,19	80,03
Temperatura	23,3	5,00
Turbidez	30,5	50,39
Solidos	177	78,03
OD	7,67	95,69
Csat	8,45	
OD sat	90,79	
IQA	41,59	

Parâmetros Ponto 6	q ^{wl}	q _i
Coliformes	1046,2	18,44
pH	7,48	97,58
DBO	1,4	81,23
Nitrogenio	37,5	16,45
Fosforo	0,67	48,22
Temperatura	24,9	5,00
Turbidez	3,98	89,10
Solidos	200	74,94
OD	5,97	77,79
Csat	8,19	
OD sat	72,88	
IQA	40,44	

Parâmetros Ponto 8	q ^{wl}	q _i
Coliformes	1046,2	18,445
pH	7,61	97,521
DBO	21	7,0654
Nitrogenio	23,34	31,362
Fosforo	0,37	64,156
Temperatura	25,4	5
Turbidez	7,28	81,489
Solidos	143	82,09
OD	6,82	90,58
Csat	8,11	
OD sat	84,06	
IQA	35,68	

Parâmetros Ponto 2	q ^{wl}	q _i
Coliformes	1986,3	15,08
pH	7,43	97,08
DBO	13	19,14
Nitrogenio	48,06	10,16
Fosforo	3,28	15,25
Temperatura	24	5,00
Turbidez	63,2	28,69
Solidos	297	60,91
OD	5,96	75,94
Csat	8,33	
OD sat	71,51	
IQA	25,79	

Cálculo do IQA - Agosto/08

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
Coliformes	866,40	2419,60	2419,60	980,40	238,20	165,00
pH	7,53	7,48	7,42	7,61	7,97	7,50
DBO	1,20	26,00	16,00	6,30	0,50	7,30
Nitrogenio	36,60	36,59	33,02	26,16	5,08	0,76
Fosforo	0,04	2,61	2,27	0,41	0,03	0,25
Temperatura	27,40	27,60	26,50	24,00	23,00	23,20
Turbidez	26,00	40,60	38,30	10,30	14,10	19,00
Solidos	209,00	227,00	231,00	187,00	133,00	142,00
OD	7,19	5,54	5,92	7,66	8,03	7,32
IQA	44,03	24,39	28,73	42,21	55,68	50,97

Parâmetros Ponto 3	q ^{wi}	q _i
Coliformes	2419,6	1,49
pH	7,42	1,73
DBO	16	1,29
Nitrogenio	33,02	1,35
Fosforo	2,27	1,35
Temperatura	26,5	1,17
Turbidez	38,3	1,35
Solidos	231	1,41
OD	5,92	2,11
Csat	7,95	
OD sat	74,51	
IQA	28,73	

Parâmetros Ponto 7	q ^{wi}	q _i
Coliformes	238,2	1,66
pH	7,97	1,71
DBO	0,5	1,57
Nitrogenio	5,08	1,53
Fosforo	0,03	1,59
Temperatura	23	1,17
Turbidez	14,1	1,40
Solidos	133	1,42
OD	8,03	2,18
Csat	8,50	
OD sat	94,49	
IQA	55,68	

Parâmetros Ponto 1	q ^{wi}	q _i
Coliformes	866,4	1,56
pH	7,53	1,73
DBO	1,2	1,56
Nitrogenio	36,597	1,33
Fosforo	0,04	1,59
Temperatura	27,4	1,17
Turbidez	26	1,38
Solidos	209	1,41
OD	7,19	2,17
Csat	7,81	
OD sat	92,04	
IQA	44,03	

Parâmetros Ponto 6	q ^{wi}	q _i
Coliformes	980,4	1,55
pH	7,61	1,73
DBO	6,3	1,46
Nitrogenio	26,16	1,39
Fosforo	0,41	1,51
Temperatura	24	1,17
Turbidez	10,3	1,41
Solidos	187	1,42
OD	7,66	2,17
Csat	8,33	
OD sat	91,91	
IQA	42,21	

Parâmetros Ponto 8	q ^{wi}	q _i
Coliformes	165	1,69
pH	7,5	1,73
DBO	7,3	1,44
Nitrogenio	0,764	1,56
Fosforo	0,25	1,54
Temperatura	23,2	1,17
Turbidez	19	1,39
Solidos	142	1,42
OD	7,32	2,16
Csat	8,46	
OD sat	86,48	
IQA	50,97	

Parâmetros Ponto 2	q ^{wi}	q _i
Coliformes	2419,6	1,49
pH	7,48	1,73
DBO	26	1,14
Nitrogenio	36,59	1,33
Fosforo	2,61	1,34
Temperatu	27,6	1,17
Turbidez	40,6	1,35
Solidos	227	1,41
OD	5,54	2,09
Csat	7,78	
OD sat	71,19	
IQA	24,39	

Cálculo do IQA - Setembro/08

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
Coliformes	920,80	1553,10	1553,10	1203,30	325,50	816,40
pH	7,35	7,37	7,37	7,60	7,60	7,86
DBO	2,00	16,00	6,00	5,00	0,70	3,00
Nitrogenio	34,74	46,81	32,18	25,59	5,01	13,00
Fosforo	0,33	1,90	0,81	0,94	0,13	0,34
Temperatura	23,70	23,70	23,50	23,20	23,10	23,20
Turbidez	67,80	21,70	15,60	2,52	8,68	4,87
Solidos	199,00	277,00	211,00	193,00	135,00	150,00
OD	8,39	5,00	6,91	8,03	8,71	8,26
IQA	39,79	26,85	37,82	41,49	55,12	48,13

Parâmetros Ponto 1	q^{wi}	q_i
Coliformes	920,8	1,56
pH	7,35	1,73
DBO	2	1,54
Nitrogenio	34,738	1,34
Fosforo	0,33	1,52
Temperatura	23,7	1,17
Turbidez	67,8	1,30
Solidos	199	1,41
OD	8,39	2,18
Csat	8,38	
OD sat	100,08	
IQA	39,79	

Parâmetros Ponto 2	q^{wi}	q_i
Coliformes	1553,1	1,52
pH	7,37	1,73
DBO	16	1,29
Nitrogenio	46,81	1,27
Fosforo	1,9	1,37
Temperatu	23,7	1,17
Turbidez	21,7	1,39
Solidos	277	1,39
OD	5	2,00
Csat	8,38	
OD sat	59,65	
IQA	26,85	

Parâmetros Ponto 3	q^{wi}	q_i
Coliformes	1553,1	1,52
pH	7,37	1,73
DBO	6	1,47
Nitrogenio	32,18	1,36
Fosforo	0,81	1,46
Temperatura	23,5	1,17
Turbidez	15,6	1,40
Solidos	211	1,41
OD	6,91	2,14
Csat	8,42	
OD sat	82,11	
IQA	37,82	

Parâmetros Ponto 6	q^{wi}	q_i
Coliformes	1203,3	1,54
pH	7,6	1,73
DBO	5	1,48
Nitrogenio	25,59	1,40
Fosforo	0,94	1,44
Temperatura	23,2	1,17
Turbidez	2,52	1,44
Solidos	193	1,41
OD	8,03	2,18
Csat	8,46	
OD sat	94,86	
IQA	41,49	

Parâmetros Ponto 7	q^{wi}	q_i
Coliformes	325,5	1,64
pH	7,6	1,73
DBO	0,7	1,57
Nitrogenio	5,011	1,53
Fosforo	0,13	1,56
Temperatura	23,1	1,17
Turbidez	8,68	1,42
Solidos	135	1,42
OD	8,71	2,18
Csat	8,48	
OD sat	102,70	
IQA	55,12	

Parâmetros Ponto 8	q^{wi}	q_i
Coliformes	816,4	1,57
pH	7,86	1,72
DBO	3	1,52
Nitrogenio	13	1,48
Fosforo	0,34	1,52
Temperatura	23,2	1,17
Turbidez	4,87	1,43
Solidos	150	1,42
OD	8,26	2,18
Csat	8,46	
OD sat	97,58	
IQA	48,13	

Cálculo do IQA - Novembro/08

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
Coliformes	1732,90	1732,90	2419,60	2419,60	1986,30	870,40
pH	7,05	6,96	7,29	7,35	7,43	7,43
DBO	3,00	12,00	8,00	7,00	3,00	5,60
Nitrogenio	26,26	25,95	20,26	16,62	7,86	9,91
Fosforo	0,07	1,58	1,20	0,70	0,19	0,23
Temperatura	24,90	25,00	25,00	25,00	24,90	24,90
Turbidez	11,00	28,40	27,70	62,90	241,00	155,00
Solidos	138,00	148,00	127,00	120,00	128,00	140,00
OD	7,91	3,63	6,04	7,40	8,00	7,80
IQA	44,79	28,93	36,07	37,90	38,60	38,19

Parâmetros Ponto 3	q ^{wi}	q _i
Coliformes	2419,6	1,49
pH	7,29	1,72
DBO	8	1,43
Nitrogenio	20,256	1,43
Fosforo	1,2	1,42
Temperatura	25	1,17
Turbidez	27,7	1,37
Solidos	127	1,42
OD	6,04	2,10
Csat	8,18	
OD sat	73,88	
IQA	36,07	

Parâmetros Ponto 7	q ^{wi}	q _i
Coliformes	1986,3	1,50
pH	7,43	1,73
DBO	3	1,52
Nitrogenio	7,861	1,51
Fosforo	0,19	1,55
Temperatura	24,9	1,17
Turbidez	241	1,14
Solidos	128	1,42
OD	8	2,18
Csat	8,19	
OD sat	97,66	
IQA	38,60	

Parâmetros Ponto 1	q ^{wi}	q _i
Coliformes	1732,9	1,51
pH	7,05	1,72
DBO	3	1,52
Nitrogenio	26,256	1,39
Fosforo	0,07	1,58
Temperatura	24,9	1,17
Turbidez	11	1,41
Solidos	138	1,42
OD	7,91	2,18
Csat	8,19	
OD sat	96,57	
IQA	44,79	

Parâmetros Ponto 6	q ^{wi}	q _i
Coliformes	2419,6	1,49
pH	7,35	1,73
DBO	7	1,45
Nitrogenio	16,615	1,46
Fosforo	0,7	1,47
Temperatura	25	1,17
Turbidez	62,9	1,31
Solidos	120	1,43
OD	7,4	2,17
Csat	8,18	
OD sat	90,51	
IQA	37,90	

Parâmetros Ponto 8	q ^{wi}	q _i
Coliformes	870,4	1,56
pH	7,43	1,73
DBO	5,6	1,47
Nitrogenio	9,911	1,50
Fosforo	0,23	1,54
Temperatura	24,9	1,17
Turbidez	155	1,14
Solidos	140	1,42
OD	7,8	2,18
Csat	8,19	
OD sat	95,22	
IQA	38,19	

Parâmetros Ponto 2	q ^{wi}	q _i
Coliformes	1732,9	1,51
pH	6,96	1,72
DBO	12	1,36
Nitrogenio	25,945	1,39
Fosforo	1,58	1,39
Temperatu	25	1,17
Turbidez	28,4	1,37
Solidos	148	1,42
OD	3,63	1,84
Csat	8,18	
OD sat	44,40	
IQA	28,93	

Cálculo do IQA - Dezembro/08

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
Coliformes	1986,30	1732,90	1553,10	2419,60	178,20	1553,10
pH	7,15	7,10	7,15	7,35	7,72	7,47
DBO	2,50	25,00	21,00	6,60	2,20	3,80
Nitrogenio	40,78	36,60	31,03	30,78	6,15	20,89
Fosforo	0,10	2,28	1,84	0,43	0,04	0,22
Temperatura	25,50	25,40	25,20	25,30	25,30	25,10
Turbidez	79,10	53,40	40,80	4,57	21,00	12,50
Solidos	192,00	208,00	205,00	202,00	140,00	180,00
OD	7,50	3,15	3,92	7,04	8,39	7,62
IQA	37,20	21,12	25,17	39,42	54,80	44,55

Parâmetros Ponto 3	q ^{wi}	q _i
Coliformes	1553,1	1,52
pH	7,15	1,72
DBO	21	1,22
Nitrogenio	31,03	1,36
Fosforo	1,84	1,38
Temperatura	25,2	1,17
Turbidez	40,8	1,35
Solidos	205	1,41
OD	3,92	1,88
Csat	8,14	
OD sat	48,13	
IQA	25,17	

Parâmetros Ponto 7	q ^{wi}	q _i
Coliformes	178,2	1,68
pH	7,72	1,73
DBO	2,2	1,54
Nitrogenio	6,15	1,53
Fosforo	0,04	1,59
Temperatura	25,3	1,17
Turbidez	21	1,39
Solidos	140	1,42
OD	8,39	2,18
Csat	8,13	
OD sat	103,21	
IQA	54,80	

Parâmetros Ponto 1	q ^{wi}	q _i
Coliformes	1986,3	1,50
pH	7,15	1,72
DBO	2,5	1,53
Nitrogenio	40,78	1,30
Fosforo	0,1	1,57
Temperatura	25,5	1,17
Turbidez	79,1	1,27
Solidos	192	1,41
OD	7,5	2,18
Csat	8,10	
OD sat	92,62	
IQA	37,20	

Parâmetros Ponto 6	q ^{wi}	q _i
Coliformes	2419,6	1,49
pH	7,35	1,73
DBO	6,6	1,45
Nitrogenio	30,78	1,36
Fosforo	0,43	1,51
Temperatura	25,3	1,17
Turbidez	4,57	1,43
Solidos	202	1,41
OD	7,04	2,16
Csat	8,13	
OD sat	86,60	
IQA	39,42	

Parâmetros Ponto 8	q ^{wi}	q _i
Coliformes	1553,1	1,52
pH	7,47	1,73
DBO	3,8	1,51
Nitrogenio	20,89	1,43
Fosforo	0,22	1,54
Temperatura	25,1	1,17
Turbidez	12,5	1,41
Solidos	180	1,42
OD	7,62	2,18
Csat	8,16	
OD sat	93,38	
IQA	44,55	

Parâmetros Ponto 2	q ^{wi}	q _i
Coliformes	1732,9	1,51
pH	7,1	1,72
DBO	25	1,16
Nitrogenio	36,6	1,33
Fosforo	2,28	1,35
Temperatu	25,4	1,17
Turbidez	53,4	1,33
Solidos	208	1,41
OD	3,15	1,77
Csat	8,11	
OD sat	38,82	
IQA	21,12	

APÊNDICE H

**Resultados de cálculo da Avaliação
Integrada da Qualidade da Água (AIQA)**

AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUA (AIQA) - RIBEIRÃO MORANGUEIRO - Ponto 01

PARÂMETRO / DATA COLETA	30/1/2008	28/2/2008	25/3/2008	23/4/2008	27/5/2008	27/6/2008	29/7/2008	26/8/2008	26/9/2008	12/11/2008	4/12/2008
Condição do tempo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Chuva	Bom
Chuvas nas 48H	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
Condutividade											
Oxigênio dissolvido	7,52	7,43	6,64	7,25	8,13	8,25	7,67	7,19	8,39	7,91	7,5
Saturação de O2											
pH	7,59	7,44	7,09	7,26	7,2	7,35	7,35	7,53	7,35	7,05	7,15
Temperatura da água	24,1	22,7	28,7	25,2	25,2	22,3	23,3	27,4	23,7	24,9	25,5
Temperatura do ar											
Alcalinidade total											
DBO	1	1,7	4,3	0,6	3,7	1,1	2	1,2	2	3	2,5
DQO	4,8	5,1	12	16	15	5,4	6	4,9	6	8	7,2
Dureza total											
Fósforo total (lótico)	0,03	0,19	0,01	0,253	0	0,27	0,19	0,04	0,33	0,07	0,1
Nitrito	0,181	0,242	0,73	0,28	0,6	0,4	0,28	0,25	0,34	0,24	0,33
Nitrato	23,6	7,3	32,3	30,7	31,5	37,2	36,9	36,3	34,3	25,8	40
Nitrogênio amoniacal	0,008	0,068	0,36	0,282	0,85	0,25	0,1	0,047	0,098	0,216	0,45
Nitrogênio kjeldhal											
Sólidos totais											
Sólidos suspensos											
Turbidez	7,2	76,5	133	44,2	45,5	80,2	30,5	26	67,8	11	79,1
<i>E. coli</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coliformes fecais	2.419,6	791,5	1.986,3	1.732,9	727,0	2.419,6	1.203,1	866,4	920,8	1.732,9	1.986,3
Coliformes totais	2.419,6	2.419,6	2.419,6	1.732,9	1.986,3	2.419,6	1.553,1	1.732,9	1.986,3	1.732,9	2.419,6
Toxicidade aguda <i>D. magna</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo	0,04	0,13	0,024	0,03	0,019	0,16					
Merúrio											
Níquel											
Zinco											
Sólidos dissolvidos totais	146	127	108	142	152	204	177	209	199	138	192
AIQA (distância L)	0,95	0,76	0,95	0,95	0,76	0,95	0,95	0,74	0,76	0,95	0,95
CONDIÇÃO DE QUALIDADE - AIQA	Poluído	Medianamente poluído	Poluído	Poluído	Medianamente poluído	Poluído	Poluído	Medianamente poluído	Medianamente poluído	Poluído	Poluído
Condição de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 - Classes 1 a 4.	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4

AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUA - RIBEIRÃO MORANGUEIRO - Ponto 02

PARÂMETRO / DATA COLETA	30/1/2008	28/2/2008	25/3/2008	23/4/2008	27/5/2008	27/6/2008	29/7/2008	26/8/2008	26/9/2008	12/11/2008	4/12/2008
Condição do tempo	Bom	Bom	Chuva	Bom							
Chuvas nas 48H	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
Condutividade											
Oxigênio dissolvido	6,63	4,09	5,12	5,12	5,59	6,27	5,96	5,54	5	3,63	3,15
Saturação de O2											
pH	7,63	7,33	7,31	7,48	7,31	7,54	7,43	7,48	7,37	6,96	7,1
Temperatura da água	24,1	22,7	29	25,9	26,2	22,4	24	27,6	23,7	25	25,4
Temperatura do ar											
Alcalinidade total											
DBO	9,4	4,3	21	25	43	7	13	26	16	12	25
DQO	60	54	62	74	104	26	96	40	59	23	46
Dureza total											
Fósforo total (lótico)	2,32	2,09	2,03	2,89	2,22	1,84	3,28	2,61	1,9	1,58	2,28
Nitrato	4,66	5,19	1,16	4,1	14,4	0,33	2,96	2,21	0,6	0,36	3,72
Nitrato	13,1	29	21,1	22,4	17,3	25,9	17,4	23,1	38,5	23	23,9
Nitrogênio amoniacal	12,6	10,3	15,98	15,13	18,55	14,9	27,7	11,28	7,71	2,58	8,98
Nitrogênio kjeldhal											
Sólidos totais											
Sólidos suspensos											
Turbidez	10,3	59,2	47,1	53,2	78,1	17	63,2	40,6	21,7	28,4	53,4
<i>E. coli</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coliformes fecais	2.419,6	1.986,3	2.419,6	1.986,3	2.419,6	1.119,9	1.986,3	2.419,6	1.553,1	1.732,9	1.732,9
Coliformes totais	2.419,6	2.419,6	2.419,6	1.986,3	2.419,6	2.419,6	1.986,3	2.419,6	1.986,3	1.732,9	2.419,6
Toxicidade aguda <i>D. magna</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo	0,04	0,05	0,02	0,02	0,015	0,03					
Mercurio											
Níquel											
Zinco											
Sólidos dissolvidos totais	209	219	211	225	185	148	297	227	199	138	208
AIQA (distância L)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,74	0,95	0,95	0,95
CONDIÇÃO DE QUALIDADE - AIQA	Poluído	Medianamente poluído	Poluído	Poluído	Poluído						
Condição de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 - Classes 1 a 4.	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4

AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUA (AIQA) - RIBEIRÃO MORANGUEIRO - Ponto 03

PARÂMETRO / DATA COLETA	30/1/2008	28/2/2008	25/3/2008	23/4/2008	27/5/2008	27/6/2008	29/7/2008	26/8/2008	26/9/2008	12/11/2008	4/12/2008
Condição do tempo							Bom	Bom	Bom	Chuva	Bom
Chuvas nas 48H							Não	Não	Não	Sim	Sim
Condutividade											
Oxigênio dissolvido							5,65	5,92	6,91	6,04	3,92
Saturação de O2											
pH							7,46	7,42	7,37	7,29	7,15
Temperatura da água							24,3	26,5	23,5	25	25,2
Temperatura do ar											
Alcalinidade total											
DBO							8,4	16	6	8	21
DQO							50	28	16	16	34
Dureza total											
Fósforo total (lótico)							2,48	2,27	0,81	1,2	1,84
Nitrito							1,61	0,67	0,35	0,72	3,56
Nitrato							20,8	22,2	29,9	15,4	21
Nitrogênio amoniacal							22,6	10,15	1,93	4,14	6,47
Nitrogênio kjeldhal											
Sólidos totais							231	231	211	127	205
Sólidos suspensos											
Turbidez							30,9	38,3	15,6	27,7	40,8
<i>E. coli</i>							1	1	1	1	1
Coliformes fecais							1986,3	2419,6	1553,1	2419,6	1553,1
Coliformes totais							1986,3	2419,6	1986,3	2419,6	2419,6
Toxicidade aguda <i>D. magna</i>							1	1	1	1	1
Cobre											
Cromo											
Mercurio											
Níquel											
Zinco											
Sólidos dissolvidos totais							231	231	211	127	205
AIQA (distância L)							0,95	0,74	0,95	0,95	0,95
CONDIÇÃO DE QUALIDADE - AIQA							Poluído	Medianamente poluído	Poluído	Poluído	Poluído
Condição de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 - Classes 1 a 4.							4	3	4	4	4

AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUA (AIQA) - RIBEIRÃO MORANGUEIRO - Ponto 06											
PARÂMETRO / DATA COLETA	30/1/2008	28/2/2008	25/3/2008	23/4/2008	27/5/2008	27/6/2008	29/7/2008	26/8/2008	26/9/2008	12/11/2008	4/12/2008
Condição do tempo	Bom	Bom	Bom	Chuva	Bom						
Chuvas nas 48H	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
Condutividade											
Oxigênio dissolvido							5,97	7,66	8,03	7,4	7,04
Saturação de O2											
pH							7,48	7,61	7,6	7,35	7,35
Temperatura da água							24,9	24	23,2	25	25,3
Temperatura do ar											
Alcalinidade total											
DBO							1,4	6,3	5	7	6,6
DQO							7,7	17,6	14	12	14,2
Dureza total											
Fósforo total (lótico)							0,67	0,41	0,94	0,7	0,43
Nitrato							7,7	0,08	3,05	1,82	3,67
Nitrato							27,5	25	16,9	13,3	26,1
Nitrogênio amoniacal							2,3	1,08	5,64	1,49	1,01
Nitrogênio kjeldhal											
Sólidos totais											
Sólidos suspensos											
Turbidez							3,98	10,3	2,52	62,9	4,57
<i>E. coli</i>							1	1	1	1	1
Coliformes fecais							1046,2	980,4	1203,2	2419,6	2419,6
Coliformes totais							1299,7	980,4	1413,6	2419,6	2419,6
Toxicidade aguda <i>D. magna</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo											
Mercurio											
Níquel											
Zinco											
Sólidos dissolvidos totais							200	187	193	120	202
AIQA (distância L)							0,75	0,74	0,75	0,75	0,75
CONDIÇÃO DE QUALIDADE - AIQA							Medianamente poluído				
Condição de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 - Classes 1 a 4.							3	3	3	3	3

AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUA (AIQA) - RIBEIRÃO SARANDI - Ponto 07

PARÂMETRO / DATA COLETA	30/1/2008	28/2/2008	25/3/2008	23/4/2008	27/5/2008	27/6/2008	29/7/2008	26/8/2008	26/9/2008	12/11/2008	4/12/2008
Condição do tempo							Bom	Bom	Bom	Chuva	Bom
Chuvas nas 48H							Não	Não	Não	Sim	Sim
Condutividade											
Oxigênio dissolvido							7,43	8,03	8,71	8	8,39
Saturação de O2											
pH							7,91	7,97	7,6	7,43	7,72
Temperatura da água							25,6	23	23,1	24,9	25,3
Temperatura do ar											
Alcalinidade total											
DBO							1,2	0,5	0,7	3	2,2
DQO							4,4	1,2	2,2	8,2	3
Dureza total											
Fósforo total (lótico)							0,08	0,03	0,13	0,19	0,04
Nitrito							0,13	0,08	0,088	0,67	0,09
Nitrato							12,1	5	4,9	6,9	6
Nitrogênio amoniacal							0,1	0	0,023	0,291	0,06
Nitrogênio kjeldhal											
Sólidos totais											
Sólidos suspensos											
Turbidez							9,29	14,1	8,68	241	21
<i>E. coli</i>							1	1	1	1	1
Coliformes fecais							195,6	238,2	325,5	1986,3	178,2
Coliformes totais							1553,1	2419,6	1299,7	2419,6	1986,3
Toxicidade aguda <i>D. magna</i>							1	1	1	1	1
Cobre											
Cromo											
Mercurio											
Níquel											
Zinco											
Sólidos dissolvidos totais							124	133	135	128	140
AIQA (distância L)							0,75	0,00	0,75	0,50	0,00
CONDIÇÃO DE QUALIDADE - AIQA							Medianamente poluído	Muito Boa	Medianamente poluído	Pouco Poluído	Muito Boa
Condição de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 - Classes 1 a 4.							3	1	3	3	1

AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUA (AIQA) - RIBEIRÃO SARANDI - Ponto 08											
PARÂMETRO / DATA COLETA	30/1/2008	28/2/2008	25/3/2008	23/4/2008	27/5/2008	27/6/2008	29/7/2008	26/8/2008	26/9/2008	12/11/2008	4/12/2008
Condição do tempo							Bom	Bom	Bom	Chuva	Bom
Chuvas nas 48H							Não	Não	Não	Sim	Sim
Condutividade											
Oxigênio dissolvido							6,82	7,32	8,26	7,8	7,62
Saturação de O2											
pH							7,61	7,5	7,86	7,43	7,47
Temperatura da água							25,4	23,2	23,2	24,9	25,1
Temperatura do ar											
Alcalinidade total											
DBO							21	0,3	3	5,6	3,8
DQO							36	24,5	5,8	8,7	5,7
Dureza total											
Fósforo total (lótico)							0,37	0,25	0,34	0,23	0,22
Nitrito							2	0,67	0,76	0,9	3,46
Nitrato							21,2	0	11,2	8,4	17,3
Nitrogênio amoniacal							0,14	0,094	1,04	0,611	0,13
Nitrogênio kjeldhal											
Sólidos totais											
Sólidos suspensos											
Turbidez							7,28	19	4,87	155	12,5
<i>E. coli</i>							1	1	1	1	1
Coliformes fecais							1046,2	165,0	816,4	870,4	1553,1
Coliformes totais							1413,6	165,0	1413,6	913,9	1732,9
Toxicidade aguda <i>D. magna</i>							1	1	1	1	1
Surfactantes											
Cromo											
Mercurio											
Níquel											
Zinco											
Sólidos dissolvidos totais							143	142	150	140	180
AIQA (distância L)							0,75	0,48	0,75	0,75	0,75
CONDIÇÃO DE QUALIDADE - AIQA							Medianamente poluído	Pouco poluído	Medianamente poluído	Medianamente poluído	Medianamente poluído
Condição de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 - Classes 1 a 4.							3	3	3	3	3

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)