

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ IVAN ABEID VIVEIROS

**Capacidade de Auto-Recuperação de cursos d'água urbanos
Estudo de Caso: Córrego Campestre em Lins – SP**

Ilha Solteira
2009

JOSÉ IVAN ABEID VIVEIROS

**Capacidade de Auto-Recuperação de cursos d'água urbanos
Estudo de Caso: Córrego Campestre em Lins – SP**

Dissertação de mestrado apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Luís de Carvalho

Ilha Solteira
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

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

V857c Viveiros, José Ivan Abeid.
Capacidade de auto-recuperação de cursos d'água urbanos : estudo de caso : Córrego Campestre em Lins - SP / José Ivan Abeid Viveiros. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2009
168 f. : il., fots. color.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de concentração : Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2009

Orientador: Sérgio Luís de Carvalho
Bibliografia: p. 140-144

1. Microbacias hidrográficas. 2. Água – Qualidade. 3. Mata ciliar.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Capacidade de Auto-Recuperação de cursos d'água Urbanos - Estudo de Caso:
Córrego Campestre em Lins - SP

AUTOR: JOSÉ IVAN ABEID VIVEIROS
ORIENTADOR: Prof. Dr. SERGIO LUIS DE CARVALHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em ENGENHARIA CIVIL , Área: RECURSOS HIDRICOS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. SERGIO LUIS DE CARVALHO
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. EDSON PEREIRA TANGERINO
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. WALLACE DE OLIVEIRA
Departamento de Ciências Humanas / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Data da realização: 07 de julho de 2009.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Zenir minha querida esposa e companheira pelo estímulo constante, a companhia em muitas viagens, e a divisão do estresse. À minha família; filhos, noras e neta, e de forma muito especial à minha mãe;

E aos amigos, Francisco Rodrigues Junior, Julio Nascimento Sena, Rodrigo Augusto Ferreira de Brito e Leandro Pereira Cuelbas, que como amigos, mais que amigos, me estimularam e me fizeram crer.

Um agradecimento especial à Prof^ª. Dra. Maria José Alencar Vilela da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, cujas observações fizeram com que este trabalho adquirisse maior consistência e credibilidade técnica.

RESUMO

VIVEIROS, J. I. A. Capacidade de Auto-Recuperação de cursos d'água urbanos Estudo de Caso: Córrego Campestre em Lins – SP – SP. 2009, 141p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

As características do meio ambiente são intensamente alteradas quando a intervenção do homem afeta o solo, a hidrologia, as interações ecológicas, estabilidade e equilíbrio dos ecossistemas, gerando perda da biodiversidade e degradação ambiental. A urbanização e o manejo inadequado do solo prejudicam a conservação e recuperação dos ambientes naturais. O estudo da auto-recuperação espontânea dos rios é importante para se criar padrões de qualidade e avaliar os prejuízos reais causados pelos despejos de efluentes. Justifica-se portanto, um estudo da atual situação tanto do Córrego Campestre quanto da sua capacidade de recuperar-se. O presente trabalho foi realizado no Município de Lins, localizado no Estado de São Paulo. Abrange a microbacia do Córrego Campestre, onde a área da cidade compreende uma extensão de 25% da microbacia em estudo. Utilizou-se a metodologia do Índice de Qualidade da Água (IQA), a qual permite resumir todos os valores dos parâmetros medidos em um único número. Os parâmetros necessários foram medidos a partir de coletas e análises de amostras de água do Córrego Campestre, no período de seca e de chuva. Assim, escolheu-se 7 pontos distintos, onde realizaram-se as coletas das amostras de água, a fim de classificar a qualidade da água do córrego e sua capacidade de autodepuração. Tendo como base os limites dados pela Resolução CONAMA nº 357/05, que estabelece padrões para o lançamento de efluentes e classificação dos corpos d'água, foram combinadas informações de imagens de satélites, fotos dos locais de cada ponto de coleta de amostras e os resultados dos parâmetros analisados. Na área urbana, constatou-se que os impactos ambientais das atividades humanas (desenvolvidas na área urbana), principalmente lançamentos de esgotos clandestinos nos cursos d'água e a supressão da mata ciliar, proporcionaram a elevação das concentrações de sedimentos, coliformes fecais e nutrientes. Verificou-se também, a partir de observações nos locais dos pontos de coleta, indícios da indiscriminada utilização dos recursos naturais, causando ampla degradação na microbacia. Com a utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), foi possível identificar locais onde não existe vegetação ciliar, fato que contribui para o carreamento de resíduos poluentes do solo aos cursos d'água após as chuvas intensas. Foram sugeridas algumas recomendações para conservação e preservação do Córrego Campestre, bem como do seu entorno. Dentre eles, projetos para disposição adequada dos resíduos sólidos da região, em especial, sobre o lixão desativado e os problemas que pode acarretar, e programas de educação ambiental destinados conscientização da população local.

Palavras-chave: microbacia, índice da qualidade da água (IQA), auto-recuperação, mata ciliar.

ABSTRACT

VIVEIROS, J. I. A. Capacity Self-Recovery of watercourses urban Case Study: Stream Campestre in Lins - SP. 2009, 141p. Dissertation (Master degree) - From Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

The characteristics of the environment are heavily modified when the intervention of man affects the soil, hydrology, ecological interactions, stability and balance of ecosystems, causing loss of biodiversity and environmental degradation. The urbanization and inadequate soil management affect the conservation and restoration of natural environments. The self-study of spontaneous recovery of the rivers is important to establish standards and evaluate the actual losses caused by dumping of effluents. So why is a study of the current situation of both the Stream Campestre or his ability to rebuild themselves. This study was conducted in the city of Lins, located in the State of São Paulo. It covers the watershed of the stream Campestre, where the area of the city, covers an area of 25% of the watershed under study. Using the methodology of the Water Quality Index (WQI), which can summarize all the values of the parameters measured in a single number. The necessary parameters were measured from samples and analysis of water samples from the Stream Campestre, the period of drought and rain. Thus, it chose 7 different points, where there were the collections of water samples in order to classify the water quality of the stream and its ability to self recovery. Based on the limits given by Resolution CONAMA n ° 357/05, which establishes standards for the release of effluents and classification of water bodies were combined information from satellite images, photos of places of each point of water collected and the results analyzed parameters in the urban area and found that the environmental impacts of human activities undertaken in the urban area, mainly in the illegal release of sewage water courses and the removal of riparian vegetation to provide increased concentrations of sediment, nutrients and fecal coliform . It was also from the observations in the field of points of collection, evidence of the indiscriminate use of natural resources by man, causing extensive damage in the watershed. With the use of a Geographic Information System (GIS), it was possible to identify locations where there is riparian vegetation, which contributes to the carry-over of waste soil polluting the waterways after heavy rains. Therefore, some recommendations were suggested for conservation and preservation of Stream Campestre, and of its surroundings. Among them, projects for proper disposal of solid waste in the region, in particular, the disabled and the landfill problems that can cause, and environmental education programs designed to raise awareness of the local population.

Keywords: microbasin, water quality index (IQA), self-recovery, Boundary vegetation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema conceitual de uma área ripária	28
Figura 2 – Zonas de Autodepuração com aumento de Oxigênio Dissolvido	33
Figura 3 – Diminuição da matéria orgânica	34
Figura 4 – Diminuição das Bactérias.	34
Figura 5 – Balanço do Oxigênio	36
Figura 6 - Curvas de variação dos parâmetros do IQA	48
Figura 7 – (Cont.) Curvas de variação dos parâmetros do IQA, continuação	49
Figura 8 - Curva de qualidade padrão para as variáveis incluídas no ISTO	50
Figura 9 – Localização da cidade de Lins, Estado de São Paulo	76
Figura 10 – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos	77
Figura 11 – Mapa com identificação das UGRH, Estado de São Paulo	77
Figura 12 – Imagem do Satélite SPOT 5, visualizada pelo SIG-CTGEO.	80
Figura 13 – Imagem do Satélite Quick Bird visualizada pelo SIG-CTGEO.	81
Figura 14 – Delimitação da microbacia do Córrego Campestre, Lins - SP, 2008.	82
Figura 15 - Córregos da microbacia em estudo.	83
Figura 16 – Localização dos pontos de coleta, visualizados no SIG-CTGEO.	84
Figura 17 – Localização dos pontos definidos para coleta e análise da água,.	84
Figura 18 – Localização do ponto 1, visualizado no SIG-CTGEO.	85
Figura 19 – Córrego Campestre, ponto 1.	86
Figura 20 - Localização do ponto 2, visualizado no SIG-CTGEO.	87
Figura 21 - Córrego Campestre, ponto 2.	87
Figura 22 – Vegetação no entorno do ponto 2.	88
Figura 23 – Localização do ponto 3, visualizado no SIG-CTGEO.	89
Figura 24 – Córrego Campestre, ponto 3.	89
Figura 25 – Vegetação no entorno do ponto 3.	90
Figura 26 – Localização do ponto 4, visualizado no SIG-CTGEO.	91
Figura 27 – Córrego Campestre, ponto 4.	91
Figura 28 – Vegetação no ponto 4.	92
Figura 29 – Localização do ponto 5, visualizado no SIG-CTGEO.	93
Figura 30 – Córrego Campestre, ponto 5.	93
Figura 31 – Vegetação no entorno do ponto 5.	94
Figura 32 – Localização do ponto 6, visualizado no SIG-CTGEO.	95
Figura 33 – Córrego Campestre, ponto 6.	95
Figura 34 – Vegetação no ponto 6.	96
Figura 35 – Localização do ponto 7, visualizado no SIG-CTGEO.	97
Figura 36 – Córrego Campestre, ponto 7.	97
Figura 37 – Vegetação no ponto 7.	98
Figura 38 – Frascos utilizados para armazenar as amostras.	100
Figura 39 – Frascos e caixa térmica utilizados para armazenamento das amostras.	101
Figura 40 – Valores de Turbidez (UT) obtidos nos pontos estudados	105
Figura 41 – Valores para Temperatura (oC) obtidos nos pontos estudados	106
Figura 42 – Valores para o pH obtidos nos pontos estudados na microbacia	107
Figura 43 – Valores dos Sólidos totais (mg/L) obtidos nos pontos estudados	108
Figura 44 – Valores de OD (mg/L) obtidos nos pontos estudados na microbacia	119
Figura 45 – Valores de DBO (mg/L) obtidos nos pontos estudados	110
Figura 46 – Valores de Nitrogênio Total (mg/L) obtidos nos pontos estudados	111
Figura 47 – Valores de Fósforo Total.(mg/L) obtidos nos pontos estudados	112
Figura 48 – Valores de Coliformes Fecais (NMP/100 ml) obtidos nos pontos estudados	113
Figura 49 – Valores de IQA nos pontos de 1 a 7 (julho a dezembro de 2008).	114
Figura 50 – Valores de IQA calculados para o ponto 1 (julho a dezembro de 2008).	117
Figura 51 – Valores de IQA calculados para o ponto 2 (julho a dezembro de 2008).	118
Figura 52 – Valores de IQA calculados para o ponto 3 (julho a dezembro de 2008).	119
Figura 53 – Valores de IQA calculados para o ponto 4 (julho a dezembro de 2008).	120
Figura 54 – Valores de IQA calculados para o ponto 5 (julho a dezembro de 2008).	121
Figura 55 – Valores de IQA calculados para o ponto 6 (julho a dezembro de 2008).	122
Figura 56 – Valores de IQA calculados para o ponto 7 (julho a dezembro de 2008).	123
Figura 57 – Valores médios de IQA para os pontos de 1 a 7 (julho a dezembro de 2008).	124

Figura 58 – Uso e ocupação do solo para o estudo.	129
Figura 59 – Mata ciliar nas margens dos córregos da microbacia do Córrego Campestre.	136
Figura 60 – Antigo lixão mostrando o lixo que extravasa para o Córrego Campestre.	137
Figura 61 – Material que se desprende do antigo lixão para o Córrego Campestre.	138

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Classificação do IAP	44	
Quadro 02 - Classificação do IQA	46	
Quadro 03 - Limites Superiores e Inferiores dos metais e PFTHM		52
Quadro 04 - Faixas de número de células de cianobactérias e a respectiva taxaço para o cálculo do ISTO	53	
Quadro 05 - Variáveis componentes do IPMCA e suas ponderações		57
Quadro 06 - Classificação do IPMCA	58	
Quadro 07 - Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Carlson Modificado	61	
Quadro 08 - Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo Índice de Carlson Modificado	61	
Quadro 09 - Classificação do IET	62	
Quadro 10 - Cálculo do IVA integrando os valores do IET com os valores do IPMCA		62
Quadro 11 - Classificação do IVA	62	
Quadro 12 – Alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos		64
Quadro 13 – Usos preponderantes para cada classe no Brasil		79
Quadro 14 – Resultados obtidos das análises laboratoriais dos parâmetros da água.		104
Quadro 15 – Valores calculados do IQA para o ponto 1 (julho a dezembro de 2008).		117
Quadro 16 – Valores calculados do IQA para o ponto 2 (julho a dezembro de 2008).		118
Quadro 17 – Valores calculados do IQA para o ponto 3 (julho a dezembro de 2008).		118
Quadro 18 – Valores calculados do IQA para o ponto 4 (julho a dezembro de 2008).		118
Quadro 19 – Valores calculados do IQA para o ponto 5 (julho a dezembro de 2008).		119
Quadro 20 – Valores calculados do IQA para o ponto 6 (julho a dezembro de 2008).		119
Quadro 21 – Valores calculados do IQA para o ponto 7 (julho a dezembro de 2008).		119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Qualidade da água de um rio e maiores campos científicos de estudo.	40
Tabela 2 - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	158
Tabela 3 - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	161
Tabela 4 - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES	163

SUMÁRIO

1.3.21. INTRODUÇÃO.....	15
2.3.21.2. OBJETIVO.....	15
3.3.22. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
4.3.22.1. CONCEITOS DE BACIA E MICROBACIA HIDROGRÁFICA.....	16
5.3.22.2. PLANEJAMENTO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	16
6.3.22.3. DEGRADAÇÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	16
7.3.22.4. MATAS CILIARES.....	16
8.3.22.5. INFLUÊNCIA URBANA E RURAL NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	17
9.3.22.6. AUTODEPURAÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA.....	18
10.3.22.6.1. <i>Fases da Autodepuração.....</i>	19
11.3.22.7. EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA PRESERVAÇÃO DO MEIO NATURAL	19
12.3.22.8. QUALIDADE DA ÁGUA.....	20
13.3.22.8.1. <i>Índices de qualidade das águas.....</i>	22
14.3.22.8.1.1. IAP - Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público.....	22
15.3.22.8.1.2. IQA - Índice de Qualidade das Águas.....	23
16.3.22.8.1.3. ISTO - Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas.....	25
17.3.22.8.1.4. IVA - Índices de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas.....	27
18.3.22.8.1.5. IPMCA - Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática	27
19.3.22.9. PARÂMETROS PARA ANÁLISE DA ÁGUA.....	31
20.3.2. Águas Destinadas.....	32
22.3.22.9.1. <i>Parâmetros físicos.....</i>	32
23.3.22.9.1.1. Turbidez (uT).....	32
24.3.2. 2.9.1.2. Temperatura (°C).....	32
25.3.22.9.2. <i>Parâmetros químicos.....</i>	33
26.3.22.9.2.1. Potencial hidrogeniônico	33
27.3.22.9.2.2. Oxigênio dissolvido (mg/L).....	34
28.3.22.9.2.3. Fósforo total (mg/L).....	34
29.3.22.9.2.4. Nitrogênio total (mg/L).....	34
30.3.22.9.2.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L).....	35
31.3.22.9.3. <i>Parâmetros microbiológicos.....</i>	35
32.3.22.9.3.1. Coliformes (NMP/100 mL).....	35
33.3.22.10. GEOPROCESSAMENTO.....	35
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	36
1.LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	36
2.LEGISLAÇÃO.....	36
3.SOFTWARE E IMAGENS DE SATÉLITES.....	45
34.3.23.3.1. <i>SIG-CTGEO.....</i>	45
35.3.23.3.2. <i>Satélite SPOT 5.....</i>	45
36.3.23.3.3. <i>Satélite QUICK BIRD.....</i>	45
37.3.23.4. DELIMITAÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE A ÁREA DE ESTUDO.....	45
38.3.23.3.4. <i>Cartas topográficas.....</i>	45
39.3.23.5. PONTOS DE COLETA DA ÁGUA.....	46
6.COLETA E ANÁLISE DA ÁGUA.....	50
40.3.23.6.1. <i>Análises de campo.....</i>	50
41.3.23.6.2. <i>Métodos de Coleta.....</i>	50
42.3.23.6.3. <i>Frascos de coleta.....</i>	50
43.3.23.6.4. <i>Preservação das amostras.....</i>	51
44.3.23.6.5. <i>Amostragem de oxigênio dissolvido.....</i>	51
45.3.23.6.6. <i>Tempo e transporte das amostras.....</i>	51
46.3.23.7. ANÁLISES DE LABORATÓRIO.....	52
4.RESULTADOS.....	53

47.3.24.1. ESTATÍSTICA EXPLORATÓRIA E TEMPORAL.....	55
48.3.24.1.1. TURBIDEZ.....	55
1.2. Temperatura da água.....	55
1.3. Potencial hidrogeniônico (pH).....	55
49.3.24.1.4. Sólidos totais (ST).....	56
1.5. Oxigênio dissolvido (OD).....	56
50.3.24.1.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	56
51.3.24.1.7. Nitrogênio total (NT).....	56
52.3.24.1.8. Fósforo total (PT).....	56
53.3.24.1.9. Coliformes fecais.....	57
54.3.24.2. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....	57
56.3.24.2.1. IQA do ponto 1	59
58.3.24.2.2. IQA do ponto 2.....	59
59.3.24.2.3. IQA do ponto 3.....	60
62.3.24.2.4. IQA do ponto 4.....	60
63.3.24.2.5. IQA do ponto 5.....	60
68.3.24.2.6. IQA do ponto 6.....	61
69.3.24.2.7. IQA do ponto 7.....	61
70.3.24.2.8. Média do IQA nos 7 pontos.....	61
71.3.24.3. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	61
72.3.25. DISCUSSÃO.....	63
73.3.25.1. PARÂMETROS ANALISADOS NOS PONTOS DE COLETA DE ÁGUA.....	63
74.3.25.1.1. Turbidez.....	63
75.3.25.1.2. Temperatura da água.....	63
76.3.25.1.3. Potencial hidrogeniônico (pH).....	63
77.3.25.1.4. Sólidos totais (ST).....	63
78.3.25.1.5. Oxigênio dissolvido (OD).....	63
79.3.25.1.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	63
80.3.25.1.7. Nitrogênio total (NT).....	64
81.3.25.1.8. Fósforo total (PT).....	64
82.3.25.1.9. Coliformes fecais.....	64
83.3.25.2. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....	64
84.3.25.3. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	64
85.3.25.3.1. Mata ciliar.....	64
86.3.25.3.2. Antigo Lixão.....	64
87.3.26. CONCLUSÕES.....	66
88.3.2 7. RECOMENDAÇÕES.....	67
89.3.28. BIBLIOGRAFIA.....	68
9. ANEXOS.....	72
1. ANEXO I.....	72
2. ANEXO II.....	91

1.3.2 1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os ecossistemas aquáticos continentais e marinhos, acabam de uma forma ou de outra, constituindo-se em receptores temporários ou finais de uma grande variedade e quantidade de poluentes. Assim, é importante que sejam realizados levantamentos e diagnósticos buscando minimizar e solucionar os diversos problemas ambientais causados pela ação antrópica. O meio ambiente é um conjunto em harmonia, ou seja, basta um desequilíbrio para que todo o meio seja comprometido.

São muitas as relações existentes entre os sistemas terrestres e aquáticos. As áreas ripárias e suas matas ciliares possuem importantes funções na dinâmica dos ecossistemas aquáticos. Dentre elas destacam-se: a formação de habitats e abrigos, corredores de migração, áreas de reprodução, constância térmica, regulação da entrada e saída de energia, fornecimento de material orgânico, contenção de ribanceiras, diminuição da entrada de sedimentos, sombreamento, regulação da vazão e do fluxo de corrente, além da influência na concentração de elementos químicos na água (RODRIGUES e LEITÃO FILHO, 2000).

A análise das características físicas, químicas e biológicas dos cursos d'água permite conhecer a qualidade de suas águas e verificar se são necessárias medidas preventivas e/ou corretivas, visando diminuir os impactos e viabilizar sua utilização no futuro.

Em um rio, o fluxo de água impõe um determinado sentido, há um contínuo arraste de material orgânico e inorgânico. Fatores importantes de grande significado ecológico, que mostram uma mudança progressiva ao longo dos rios são, principalmente: velocidade da corrente, tipo de substrato, oxigênio dissolvido, nutrientes inorgânicos, vazão e temperatura. Portanto, nos rios predomina o transporte horizontal e a sucessão espacial das comunidades (TUNDISI apud MARGALEF, 1976).

Segundo Amorim (1997), qualquer atividade econômica causa alguma modificação no meio ambiente. Estudar e tentar entender estas mudanças são primordiais para que se possa evitá-las ou diminuir os seus efeitos.

A transformação da paisagem natural e cultural proporciona a base para a manutenção do sistema econômico, gerando, em contrapartida, impactos que precisam ser conhecidos e estudados, (REFOSCO, 1996).

Os processos industriais utilizados por vários tipos de empresas, tais como curtumes e redes de esgoto municipais geram efluentes potencialmente perigosos que, quando lançados sem tratamento adequado, invariavelmente causam grandes danos aos corpos receptores, sejam eles aquáticos ou não.

Droste (1997) mostrou que estes não são os únicos problemas, pois os materiais arrancados pelos rios ao nível das bacias superiores são transportados para jusante, onde uma parte se deposita e outra é arrastada até o mar. O volume de corpos sólidos carregados é gigantesco, como revelam os efeitos dos depósitos: vasas de inundação, amontoados de cascalhos e blocos de rocha entulham as barragens e os reservatórios, enchem a foz dos rios com aluviões e enlodam os portos com materiais vindos do interior das terras. Aos prejuízos causados a montante pela erosão acrescenta-se os do acúmulo de “escombros” da degradação provocada a jusante.

O Córrego Campestre nasce na altura da Fazenda Santa Luiza, dentro do município de Lins, passando pela sede municipal, indo desaguar no Rio Dourado pela margem esquerda. Seus afluentes da margem direita: Água da Cerâmica, Córrego Barbosa, Córrego Irará e Córrego Boa Esperança; afluente da margem esquerda: Córrego Jacintina. O Córrego Campestre é de significativa importância para o município em função de ser o principal recurso hídrico natural para as atividades agropecuárias em suas margens e tem sofrido intensamente com as atividades antrópicas caracterizadas por uso e ocupação do solo irregulares, falta de manejo do solo dos agricultores e despejos de efluentes industriais, de uma ETE e a existência de um Lixão desativado em suas margens. Em função disto é

muito importante que trabalhos sejam realizados visando um maior conhecimento desse impactos e a auto-recuperação desse córrego.

2.3.2 1.2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar, por meio do IQA (Índice de Qualidade da Água), a Microbacia do Córrego Campestre, no final da região urbana do município de Lins. Sua capacidade de recuperação ao longo do percurso a ser estudado, bem como diagnosticar a atual situação do Córrego Campestre com base nos impactos causados por efluentes industriais, agrícolas e pelo despejo final das lagoas de tratamento.

3.3.2 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.3.2 2.1. CONCEITOS DE BACIA E MICROBACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica (BH) ou bacia de contribuição, como mostra Mello et al. (1994), pode ser definida como o conjunto de áreas coletoras de água proveniente da precipitação que é drenada por um corpo hídrico principal e seus afluentes até resultar em um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001). Representar a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do corpo d'água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes de captação natural que convergem para um único ponto de saída. Este conceito tem-se ampliado e é largamente utilizado como instrumento de gestão para o planejamento ambiental. Embora tecnicamente o termo seja preciso, podem existir variações no foco principal, conforme a percepção dos técnicos que o utilizam em seus estudos (SHIAVETTI; CAMARGO, 2002).

Como expõe Righetto (1998), a unidade hidrológica principal de uma região é a bacia hidrográfica, delimitada pelos divisores de água que definem a área de drenagem de um sistema fluvial. Dependendo da escala utilizada, pode-se dividir um sistema fluvial principal num conjunto pequeno ou grande de ramificações de canais de drenagem. Para tanto pode-se afirmar que os conceitos de microbacia e de bacia hidrográfica são os mesmos, dependendo somente da área que será estudada (ROCHA, 1991).

A bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto recebendo matéria e energia a partir de agentes do clima e os perde através do leito do rio. A BH pode ser apresentada em termos de parâmetros interdependentes, que oscilam em torno de um modelo. Assim, uma bacia, quando não perturbada por ações humanas, encontra-se em equilíbrio dinâmico.

Tratando-se da diferenciação entre os termos microbacia e bacia hidrográfica, Lima e Zakia (2000), explicam que, com base na hidrologia, a classificação das bacias hidrográficas em grandes e pequenas não deve utilizar como base somente a sua superfície total, mas também os efeitos de certos fatores

dominantes na geração do deflúvio. Assim, hidrologicamente as microbacias têm como características distintas uma grande suscetibilidade tanto a chuvas de alta intensidade e curta duração, como também ao fator uso e ocupação do solo, em relação a cobertura vegetal. As alterações na quantidade e na qualidade da água do deflúvio, em função de chuvas intensas e ou em função de mudanças no uso do solo, são detectadas com muito mais sensibilidade nas microbacias do que nas bacias grandes. Nas BH, o efeito de armazenamento da água pluvial ao longo dos canais é tão pronunciado que a bacia torna-se menos sensível àqueles dois fatores.

Logo a hidrologia contribui fundamentalmente na definição, distinção e principalmente na delimitação espacial de microbacias e de bacias hidrográficas, sendo decisiva para sua compreensão e estruturação de programas de monitoramento ambiental. Através de instrumentação de medições de variáveis hidrológicas, limnológicas, da topografia e da cartografia e com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), pode-se delimitar espacialmente as microbacias e as bacias hidrográficas.

5.3.2 2.2. PLANEJAMENTO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

O planejamento e gerenciamento ambiental vêm utilizando cada vez mais o conceito de bacia e microbacia hidrográfica para realização de estudos e diagnósticos ambientais. Os estudiosos na área hidrológica reconhecem as ligações entre as características físicas de uma BH e a quantidade de água que chega aos corpos hídricos. Contudo, os limnólogos consideram que as características dos corpos hídricos traduzem as características da bacia de drenagem que as constituem. Assim, o emprego das BH como unidades de estudo trazem resultados reais pelo fato de apresentarem características biogeofísicas que denotam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos (DASMANN apud SHIAVETTI, CAMARGO; 2002).

O processo de gerenciamento e planejamento ambiental de unidades hidrográficas foi primeiramente direcionado à resolução de problemas relacionados ao uso da água, dando prioridade ao controle de inundações, à

irrigação, a navegação e ao abastecimento público e industrial. Com o crescimento da demanda sobre os recursos hídricos, foi verificada a necessidade de adicionar os aspectos relacionados aos usos múltiplos da água, na perspectiva de atender uma estrutura do tipo multiusuário que competem pelo mesmo recurso. Esta idéia procurou resolver conflitos entre os usuários e dimensionar a qualidade e a quantidade do recurso que cabe a cada um e as suas responsabilidades sobre o mesmo. Isso pois as disputas pelo uso dos recursos hídricos provêm de uma série de fatores naturais, econômicos, sociais e políticos, sendo 'o recurso' tão somente o ponto de convergência de um sistema ambiental complexo (FORBES; HODGE apud SHIAVETTI; CAMARGO, 2002).

6.3.2 2.3. DEGRADAÇÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

As estimativas retratam que um terço ou metade das terras do globo, que não se encontram ocupadas por geleiras são regularmente modificadas e que acima de 70% delas recebem alguma intervenção da ação humana, (Dumanski e Pieri; 2000).

A degradação das bacias hidrográficas pode ser definida como qualquer alteração artificial e acelerada, nas características físicas, químicas e biológicas da mesma, resultando em modificações na geomorfologia, biodiversidade e aspectos quantitativos e qualitativos dos cursos d'água. Cunha e Guerra (2003) citam que as características naturais das bacias hidrográficas, através da topografia, geologia, solos e clima, podem, contribuir para a erosão potencial das encostas e para os desequilíbrios ambientais e das microbacias.

A falta de planejamento na utilização dos recursos naturais combinada com o crescimento populacional, tem acelerado, incontestavelmente, os processos naturais gerando diversos problemas ambientais ocasionados pelo desenvolvimento urbano e rural. Em se tratando da utilização sustentável dos recursos naturais, água e solo, é a principal característica do desenvolvimento econômico no meio rural do país.

Alguns estudos mostram que para cada quilograma (Kg) de grão produzido, o país perde entre 6 a 10 Kg de solo por erosão (SANTOS et al., 2001), com prejuízos estimados em R\$ 13 bilhões por ano (IRRIGAÇÃO E TECNOLOGIA MODERNA, 2003, p.53). Ponderando a produtividade média de grãos no Brasil, segundo o Instituto Agronômico de Campinas (1998), perde-se 7 Kg de solo por Kg de grão produzido, que comparado com a situação anterior, comprovam os valores de solos perdidos por erosão.

Ainda, de acordo com o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) (1999), somente 13,69% da área do estado de São Paulo ainda tem preservada a vegetação, nativa enquanto 80% dos solos são classificados como de alto potencial de erosão. Com isso, a falta de técnicas adequadas para manejo e preparo do solo compõe o rol das principais causas dos processos erosivos. Conseqüentemente, com o período chuvoso, grandes volumes de solos, matéria orgânica e insumos agrícolas são carregados para o leito dos rios, contribuindo para aumentar a concentração de sólidos suspensos, nutrientes e da descarga sólida total. Sem a conservação e preservação apropriada das matas ciliares este processo é acelerado, devido a eficiência dessas arborícolas em reter nutrientes, herbicidas e sedimentos, decorrentes do processo de erosão sendo reconhecida (LIMA; ZAKIA, 2000), e evita que os mesmos cheguem ao leito do manancial.

O aumento excessivo da concentração de sólidos e da descarga sólida dos mananciais, mais conhecido como assoreamento, ocorre com o tempo e modifica e/ou deteriora a qualidade da água, a fauna e a flora (CARVALHO et al., 2000), como também diminui consideravelmente a disponibilidade hídrica. O aumento da concentração de nutrientes na água pode resultar na eutrofização, que segundo Tundisi (2003), é o resultado do enriquecimento excessivo com nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, que são despejados dissolvidos em lagos, represas e rios e são transformados em partículas orgânicas, matéria viva vegetal, pelo metabolismo das plantas.

A remoção das camadas férteis do solo, proveniente da erosão hídrica, é a principal forma de degradação dos solos, segundo estudo realizado pelo United Nations Environment Programme – UNEP (1978) apud ARAÚJO et al, (2005).

Dos vários tipos de erosão hídrica, o mais destrutivo em termos de danos é a voçoroca.

7.3.2 2.4. MATAS CILIARES

As matas ciliares são avaliadas de maneira diferente, dependendo do uso da terra. Por exemplo: para um pecuarista, representam obstáculo, não permitindo ao gado o livre acesso à água; para a produção florestal, representam sítios bastante produtivos, onde crescem árvores de alto valor comercial; em regiões de topografia acidentada, proporcionam as únicas alternativas para o traçado de estradas, para o abastecimento de água ou para a geração de energia, representam excelentes locais de armazenamento, servindo com área de infiltração de água, visando garantir o suprimento contínuo para os lençóis subterrâneos (BREN apud LIMA; ZAKIA, 2000).

A topografia, o solo e as matas ciliares (florestas galerias) proporcionam o entendimento dos processos de diferenciação dos ecossistemas de planícies aluviais. Os estudos geomorfológicos explicam a dinâmica sedimentária, que responde pela gênese dos diques marginais, que servem de suporte para a vegetação ripária. Nesse sentido, a ótica dos estudos morfológicos vincula-se basicamente à compreensão do suporte ecológico que propicia o desenvolvimento de uma vegetação diferenciada na beira alta dos rios.

Fundamenta-se em compreender alguns mecanismos de sedimentação em processos, qualquer que seja a extensão, largura e volume d'água dos rios, riachos ou córregos em estudo (AB´SABER, 2000). Pode-se observar, na Figura 1, o esquema conceitual de uma área ripária.

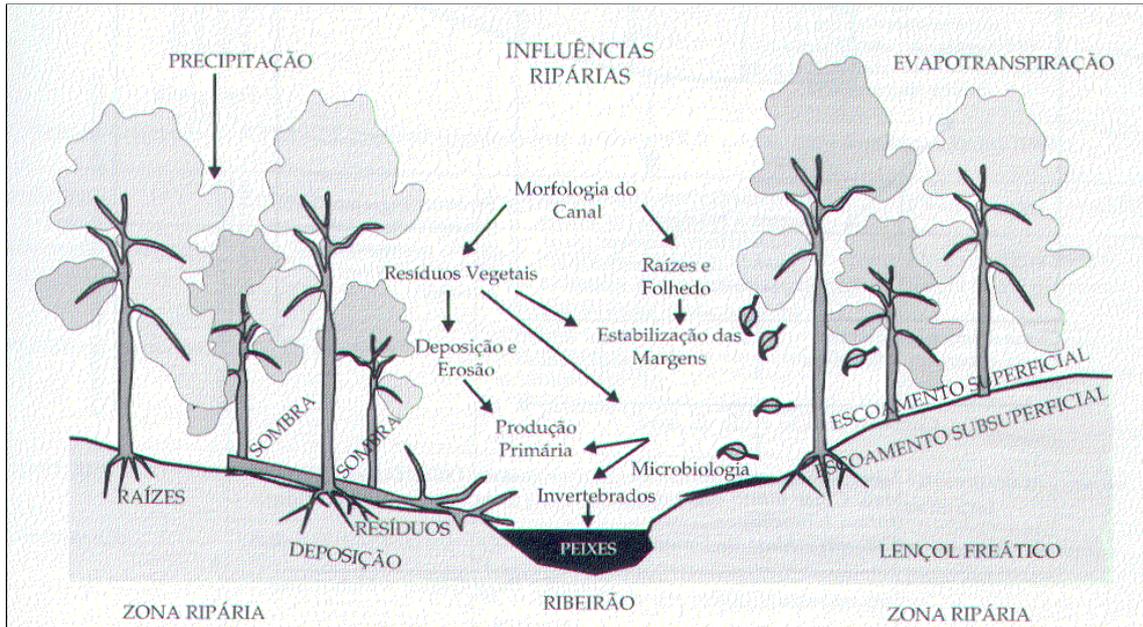


Figura 1 - Esquema conceitual de uma área ripária (LIMA; ZAKIA, 2000).

Segundo a Lei nº 4.771/65, nos termos dos artigos 2 e 3, as áreas ripárias são Áreas de Preservação Permanente (APP), cobertas ou não com vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, e o fluxo gênico da fauna e flora.

Com base ainda no Código Florestal, alterado pela Lei nº 7.803/89 e na Resolução CONAMA nº 303/02, anexo II, são consideradas APP “as florestas e demais formas de vegetação natural situada ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto em faixa marginal, cuja largura mínima” para cada lado, a partir de sua margem no período de cheia do corpo d’água, seja:

- de 30 metros para os cursos d’água de menos de 10 metros de largura;
- de 50 metros para os cursos d’água que tenham de 10 a 50 metros de largura;
- de 100 metros para os cursos d’água que tenham de 50 a 200 metros de largura;
- de 200 metros para os cursos d’água que tenham de 200 a 600 metros de largura;

- de 500 metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros. de largura.

Como demonstra Odum (1988), é necessário que se preserve mesmo os locais desmatados, considerando que os mesmos possuem sementes de árvores pioneiras de crescimento rápido, que permanecem viáveis no solo, possibilitando que o ecossistema se repare.

8.3.2 2.5. INFLUÊNCIA URBANA E RURAL NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

A poluição das águas origina-se de várias fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, industriais e o deflúvio superficial urbano e agrícola que, por sua vez, está associado ao tipo de uso e ocupação do solo. Segundo o DAEE (1999), despejam-se grandes quantidades de efluentes de origem doméstica e industrial nos cursos d'água do Estado de São Paulo. A carga poluidora orgânica biodegradável potencial e remanescente é de, respectivamente, 11.023.681 e 1.684.769 kg DBO₅/dia (Demanda Bioquímica de Oxigênio por dia) e a carga poluidora inorgânica potencial e remanescente é de, respectivamente, 13.552 e 1.572 t/ano (toneladas por ano).

O efluente de estação de tratamento de esgoto possui grande quantidade de resíduos sólidos (orgânicos e inorgânicos) e microorganismos patogênicos, sendo que o seu lançamento em águas superficiais pode provocar o aumento na concentração desses parâmetros. Com isso, a cada ano, a qualidade de água dos mananciais vem piorando, afetando a biodiversidade aquática e inviabilizando sua utilização para o consumo humano e outras finalidades. (Filippo 2000), a poluição dos recursos hídricos é dividida em três origens básicas e seus contaminantes:

- doméstica, em que se incluem as águas servidas, resíduos sólidos e o escoamento superficial de áreas urbanas. Apresentam contaminantes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias;

- industriais, que são os resíduos de mineração e processos industriais de transformação e agrícolas, isto é, os resíduos de granjas, matadouros, fertilizantes e pesticidas. Com a diversidade de atividades, contém contaminantes lançados nos corpos d'água, os quais são os mais variados possíveis;
- deflúvio superficial urbano (carga difusa) contém todos os poluentes depositados na superfície do solo e o deflúvio superficial agrícola é dependente das atividades regionais, apresentando características específicas.

De acordo com a Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) (2003), o percentual de fontes de água para o abastecimento no Estado São Paulo, classificadas como ruim ou péssima, subiu de 27% em 2002 para 32% em 2003, evidenciando uma evolução negativa da qualidade da água, além de contribuírem para degradação das bacias hidrográficas.

9.3.2 2.6. AUTODEPURAÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA

Corredeiras, meandros e quedas d'água, entre outras características fazem com que o manancial tenda a recuperar a qualidade de suas águas. Como aponta Molina (2006), mesmo em estado de poluição, os mananciais ainda 'lutam' pela sua sobrevivência através de mecanismos de autodepuração.

Contudo, anteriormente ao êxodo rural, as poluições eram geradas apenas de maneira difusa, enquanto que atualmente, com o aumento das populações urbanas, passaram a ter também caráter pontual e de alta concentração, dificultando a resposta dos corpos d'água em se autodepurar, assim segundo Poletto (2003), o desenvolvimento das civilizações às margens dos corpos d'água, deu origem ao problema da poluição das águas.

Braga et al. (2002) relatam que os poluentes, ao atingirem os corpos de água, sofrem a ação de diversos mecanismos físicos, químicos e biológicos existentes na natureza, que alteram seu comportamento e respectivas concentrações. Tais mecanismos geram uma autodepuração nos cursos d'água ao longo dos seus percursos. Os mecanismos físicos são: a diluição, a ação hidrodinâmica e de turbulência, a sedimentação, a luz solar e a temperatura. Já os mecanismos bioquímicos são a decomposição e a recuperação do oxigênio dissolvido (BRAGA et al., 2002). Neste sentido, a autodepuração pode ser tratada como uma sucessão ecológica. Há uma seqüência sistemática de substituições de uma comunidade por outra, até que uma comunidade estável se estabeleça em equilíbrio com as condições locais.

O estudo da autodepuração dos corpos d'água tem como finalidades básicas avaliar a carga poluidora e o potencial depurador do corpo d'água; analisar os princípios avaliados e elaborar soluções para o tratamento dos esgotos.

O equilíbrio é reconstituído em condições diferentes das anteriores, pois depois de abalado, o meio ambiente dificilmente volta às condições anteriores. Segundo Sperling (1996), a água pode ser considerada depurada mesmo que não esteja

purificada em termos higiênicos, ainda apresentando organismos patogênicos. Mas se a quantidade de esgotos lançados for além da capacidade de absorção do rio, o mesmo não se recupera e atinge um elevado grau de degradação que não permite a sobrevivência de seres vivos, podendo causar doenças ao homem e sua utilização fica prejudicada. Assim, existem limites para o corpo d'água receptor. Uma autodepuração pode ser atingida ou não, dependendo dos seguintes fatores conhecidos:

- Quantidade de poluentes;
- Natureza dos poluentes;
- Despejo esporádico ou permanente de efluentes;
- Temperatura;
- Quantidade de oxigênio dissolvido na água;
- Massa aquática receptora e sua capacidade de diluir os diferentes materiais que afetam o ambiente aquático, etc.

As principais zonas de autodepuração (za) são (fig.2):

- Zona de águas limpas (trecho 1 inicial da za);
 - Zona de degradação; (trecho 2 da za)
 - Zona de decomposição ativa; (trecho 3 da za)
 - Zona de recuperação (trecho 4 da za);
 - Zona de águas limpas – recuperadas (trecho 1 final da za);
-
- Zona de águas limpas: características iniciais no que diz respeito ao oxigênio dissolvido, matéria orgânica e bactérias.
 - Zona de degradação: tem início logo após o lançamento de esgoto no curso d'água. Apresenta grande quantidade de material orgânico, ainda em estágio complexo, mas potencialmente decomponível.
 - Zona de decomposição ativa: os microorganismos estão mais adaptados a nova condição, passando a desempenhar ativamente suas funções de

decomposição da matéria orgânica. Como conseqüência a qualidade da água atinge seu estágio mais deteriorado.

- Zona de recuperação: após intenso consumo de matéria orgânica e degradação do ambiente, este tende a se recuperar gradativamente, como mostram as Figura 2, 3 e 4.
- Zona de águas limpas (recuperadas): as características iniciais voltam a ser atingidas no que diz respeito ao oxigênio dissolvido, matéria orgânica e bactérias.

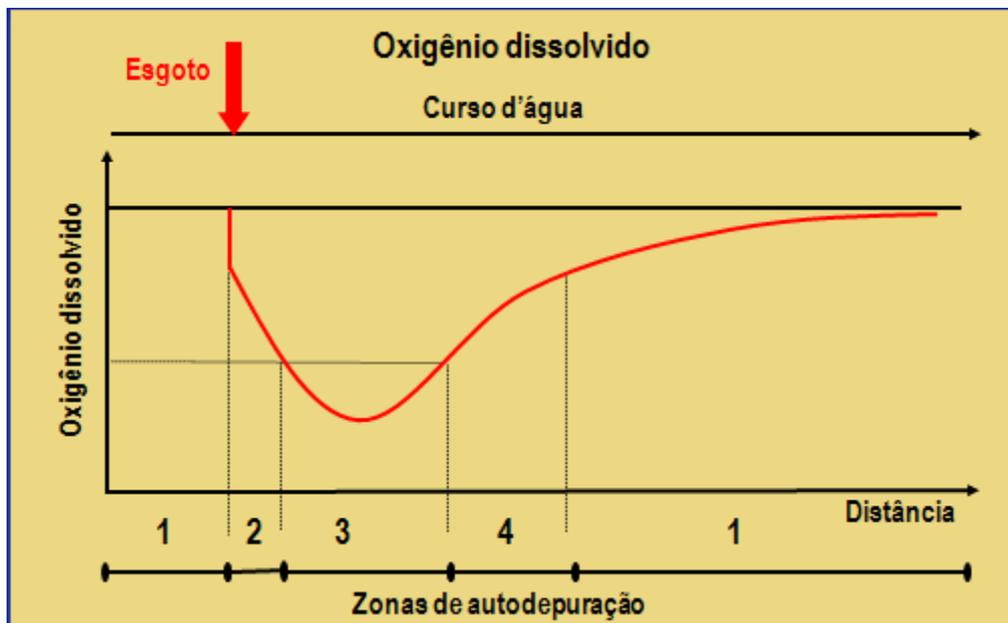


Figura 2 – Zonas de Autodepuração com aumento de Oxigênio Dissolvido
Fonte: Calado. 2008

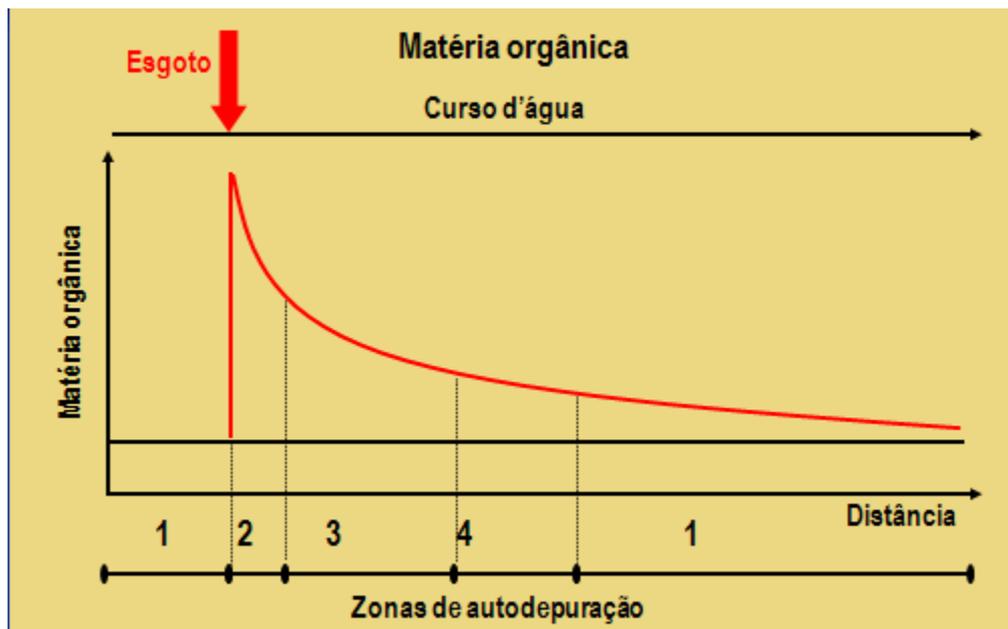


Figura 3 – Diminuição da matéria orgânica.

Fonte: Calado. 2008

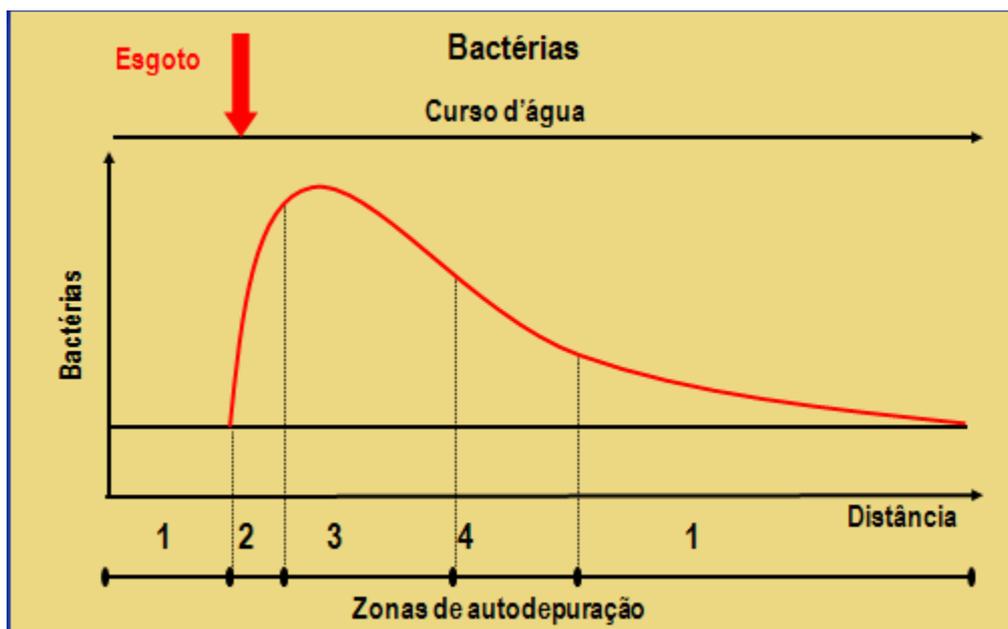
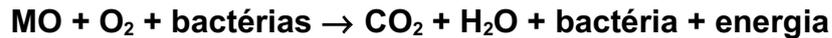


Figura 4 – Diminuição das Bactérias.

Fonte: Calado. 2008

10.3.2 2.6.1. Fases da Autodepuração

- Consumo de Oxigênio
 - Oxidação da matéria orgânica (MO):



- **Demanda bentônica:** digestão anaeróbia do lodo; geração de subprodutos que podem exercer uma demanda de OD; revolvimento do lodo.
- **Nitrificação:** oxidação de formas nitrogenadas (amônia - nitrito - nitrato) por bactérias (nitrosomonas /nitrobacter)



carbono = CO₂ (inorgânico); energia = inorgânico (organismos quimioautotróficos)

- **Produção de Oxigênio**

- **Reaeração atmosférica:** as moléculas de gases são intercambiadas entre o líquido e o gás pela sua interface até a sua saturação.
- **Fotossíntese:** processo utilizado pelos seres autotróficos para a síntese de matéria orgânica



- **Balço de Oxigênio**

A poluição de um corpo d'água por matéria orgânica causa a queda nos níveis de OD. No processo de autodepuração ocorre um balanço entre consumo e produção de oxigênio, como mostra a Figura 5.

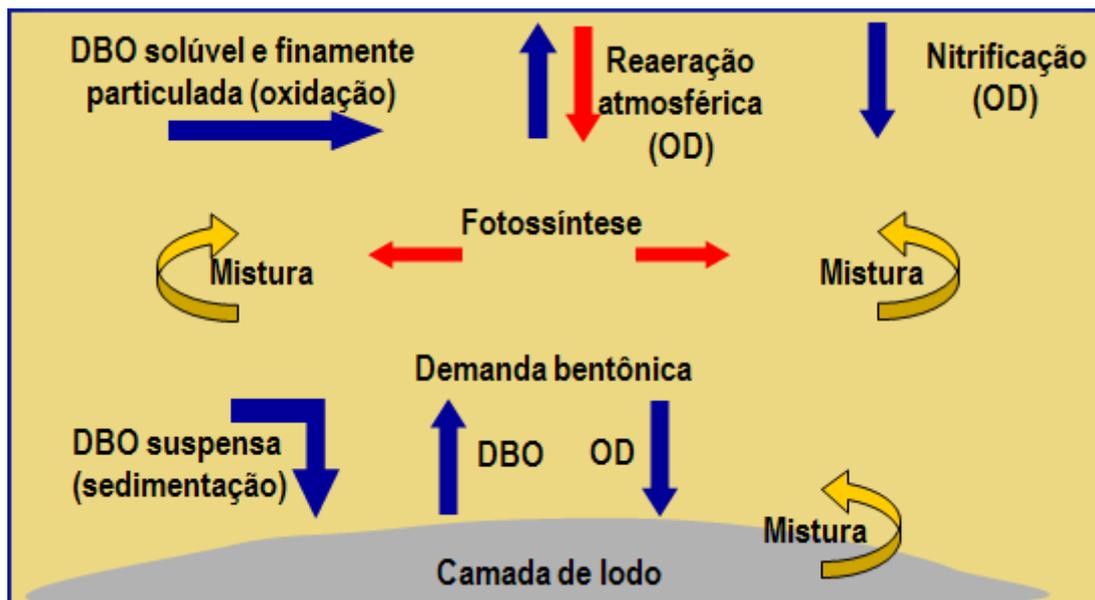


Figura 5 – Balanço do Oxigênio

Fonte: Calado. 2008

11.3.2 2.7. EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA PRESERVAÇÃO DO MEIO NATURAL

A conscientização das pessoas em relação aos problemas que afetam o meio ambiente é de grande importância. Desse modo, vem cada vez mais à tona as discussões e a valorização da educação ambiental como meio de contribuir para a preservação e proteção dos recursos naturais.

O conceito de educação ambiental, com seus objetivos e temas de estudo, sugerem alternativas para preservação e conservação de áreas naturais sem, no entanto, inibir o desenvolvimento social e econômico. A proteção e preservação do meio natural, em especial de seus recursos hídricos, fundamentam uma análise crítica das questões ambientais visando melhorar a qualidade de vida da sociedade através do conhecimento e realização de trabalhos sobre o assunto. Analisando a educação ambiental e a cidadania, existem numerosos parâmetros interligados por diferentes tipos de relações. (BUSTOS, 2003).

Compreender as interações entre meio ambiente e ser humano, a educação consciente é primordial para entender a ameaça, as responsabilidades, as razões das mudanças no comportamento humano, bem como os valores do indivíduo e

da coletividade diante das questões ambientais. Cabe salientar que um dos principais objetivos da educação ambiental é estender a consciência do ser humano, para nele provocar mudanças em seu comportamento ambiental.

12.3.22.8. QUALIDADE DA ÁGUA

Atualmente, grande parte dos ecossistemas aquáticos recebe direta ou indiretamente uma grande variedade de poluentes que são emitidos para a atmosfera, despejados no solo ou mesmo nos corpos d'água. Assim, a poluição causada pelo homem no meio ambiente através da introdução de substâncias orgânicas e inorgânicas, provoca efeitos devastadores, como mostra Meybeck e Helmer (1992):

- Prejuízo aos seres vivos;
- Perigo à saúde humana;
- Efeitos negativos as atividades aquáticas, como a pesca e o lazer;
- Prejuízo a qualidade da água com respeito ao uso na agricultura, indústria e outras atividades econômicas.

Segundo Meybeck e Helmer (1992), pode-se definir a qualidade de um ambiente aquático segundo a presença de substâncias inorgânicas ou orgânicas em diferentes concentrações e especiações e também a partir da composição e estrutura da biota aquática presente no corpo hídrico. O clima, o solo da região e o tipo de vegetação influenciam diretamente na qualidade da água, tanto superficial como subterrânea.

Para Branco (1991), a expressão “qualidade da água” se refere a um padrão tão próximo quanto possível do “natural”, isto é, tal como se encontra nas nascentes, antes do contato com o homem. Além disso, com a Resolução CONAMA nº 357/05, há um grau de pureza desejável, o qual depende do seu uso, que inclui abastecimento, irrigação, industrial, pesca, entre outros.

Para determinar a qualidade do ambiente aquático são realizadas medidas quantitativas, como determinações físicas e químicas, para análises da água, do

material particulado e dos organismos; e/ou testes bioquímicos e biológicos, onde são obtidas medidas de DBO_5 e testes de toxicidade, ou através de medidas semiquantitativas e qualitativas, tais como índices bióticos, aspectos visuais, inventário de espécies, odor, etc., como explica Meybeck e Helmer (1992).

Com o crescimento da atividade econômica, principalmente a partir da Revolução Industrial, multiplicou-se o número dos rios sujeitos aos despejos de efluentes e descartes de resíduos, provocando impactos ambientais que muitas vezes são irreparáveis, e ainda, poluem rios que se localizam em áreas afastadas das zonas de indústrias, por meio do transporte atmosférico de contaminantes. Estes impactos nos sistemas aquáticos tem sido tratados como um assunto de preocupação mundial. Atividades de monitoramento de rios estão sendo realizadas, cada vez com mais frequência, principalmente pela pressão e supervisão de organizações nacionais e internacionais, dentre elas a Organização Mundial da Saúde (OMS), que estabelece uma série de padrões para a água potável (MEYBECK; HELMER, 1992).

A Portaria nº 518/04 dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências (FUNASA, 2002).

A carência na qualidade da água provocada por desmatamentos, reflorestamentos, adaptação e mudanças microbianas, mudanças tecnológicas e industriais, grandes aglomerados humanos, correntes migratórias, etc. são causas freqüentes de doenças reincidentes, como sarampo e tuberculose (CETESB, 1998).

Uma série de doenças pode ser associada à água, normalmente em decorrência de sua contaminação por excrementos humanos e de outros animais, ou pela presença de substâncias químicas nocivas à saúde humana.

As doenças relacionadas com a água são classificadas em dois grupos segundo Vertoni e Gallo (apud BATISTA, 1996):

- Doenças ocasionadas por veiculação hídrica: são aquelas em que a água age como transporte do agente infeccioso. Os microorganismos patogênicos atingem a água através de excretas de pessoas ou animais infectados, causando problemas principalmente no aparelho gastrointestinal do homem. Essas doenças podem ser causadas por bactérias, vírus, protozoários e helmintos;
- Doenças de origem hídrica: são aquelas causadas por determinadas substâncias químicas, orgânicas ou inorgânicas, presentes na água em concentrações que ultrapassam os limites especificados nos padrões para água de consumo humano. Essas substâncias podem existir naturalmente no manancial ou resultarem da poluição. São exemplos de doenças de origem hídrica: o saturnismo (provocado por excesso de chumbo na água) e a metahemoglobinemia provocada em crianças (por ingestão de concentrações excessivas de nitrato).

Segundo o Ministério da Saúde, somente 30% da população brasileira recebe água vinda de fontes seguras e 56% carecem de disposição adequada para o esgoto.

Com base no Censo demográfico de 2000, 5,39% da população urbana e 10% da rural lança esgoto em rios, lagos, ou outro tipo de escoadouro. Além disso, 31,4% dos moradores de cidades não têm banheiro em suas residências, o que ocorre com 37,61% da população rural. Calcula-se que as internações hospitalares no Brasil estejam vinculadas à contaminação do ar, do solo e, principalmente, da água, através de doenças como diarreia, cólera e hepatite A, dentre outras (FUNASA, 2002).

As análises químicas das águas tiveram início com o estudo do Lago Léman, feitas por Tingry em 1808. Forel, considerado o pai da Limnologia, também estudou as variações químicas do Alpine Rhone e, possivelmente, foi o primeiro a ponderar o tempo como uma variável importante. Em 1924, Clarke's, estudioso na área de Geoquímica, utiliza a química moderna para pesquisar sobre a qualidade

da água em escala mundial. Desde Forel, a caracterização das águas tem continuamente evoluído a partir do desenvolvimento de outras ciências relacionadas com a água. Atualmente os estudos de qualidade da água relacionam-se a geociências, biociências e ciências da engenharia, como pode ser observado na Tabela 1:

Tabela 1 - Qualidade da água de um rio e maiores campos científicos de estudo.



Fonte: MEYBECK, 1996.

13.3.2.2.8.1. Índices de qualidade das águas

Os índices e indicadores ambientais surgiram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, processo que requer um número elevado de informações, com complexidades cada vez maiores. Por outro lado, os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisivo das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos. Esta dupla vertente apresenta-se como um desafio permanente de gerar indicadores e índices que tratem um número cada vez maior de informações, de forma sistemática e acessível, para os tomadores de decisão.

As principais vantagens dos índices são a facilidade de comunicação com o público não técnico, o status maior do que os parâmetros individuais e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade. No entanto, sua principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da interação entre as mesmas. O índice, apesar de fornecer uma avaliação integrada, jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica.

A CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, desde 1975, utiliza o Índice de Qualidade das Águas - IQA, com vistas a servir de informação básica de qualidade de água para o público em geral.

As variáveis que fazem parte do cálculo do IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante também salientar que este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas.

Além disso, mesmo considerando-se esse fim específico, o índice não contempla outras variáveis, tais como: metais pesados, compostos orgânicos com potencial

mutagênico, substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, número de células de cianobactérias e o potencial de formação de trihalometanos das águas de um manancial.

A crescente urbanização e industrialização de algumas regiões do Estado de São Paulo tem como consequência um maior comprometimento da qualidade das águas dos rios e reservatórios, devido, principalmente, à maior complexidade de poluentes que estão sendo lançados no meio ambiente e à deficiência do sistema de coleta e tratamento dos esgotos gerados pela população.

Tanto na Legislação Estadual (Decreto Estadual 8468/76) quanto na Federal (Resolução CONAMA 357/05), está estabelecido que os usos preponderantes do recurso hídrico são, dentre outros:

- Abastecimento público;
- Preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas.

Desde 2002 a CETESB utiliza índices específicos para cada uso do recurso hídrico: IAP - Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público e o IVA – Índice de Preservação da Vida Aquática.

O IAP, comparado com o IQA, é um índice mais fidedigno da qualidade da água bruta a ser captada, que após tratamento, será distribuída para a população. Do mesmo modo, o IVA foi considerado um indicador mais adequado da qualidade da água visando a proteção da vida aquática, por incorporar, com ponderação mais significativa, variáveis mais representativas, especialmente a toxicidade e a eutrofização.

Para refletir a qualidade das águas para seus múltiplos usos, existe ainda o índice de Balneabilidade, que avalia as condições da água para fins de recreação de contato primário.

Assim, a avaliação da qualidade das águas é composta pelos índices:

14.3.2 2.8.1.1. IAP - Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público

O IAP é o produto da ponderação dos resultados atuais do IQA (Índice de Qualidade de Águas) e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é composto pelo grupo de substâncias que afetam a qualidade organoléptica da água, bem como de substâncias tóxicas. Assim, o índice será composto por dois grupos principais de variáveis:

IQA

Grupo de variáveis básicas (Temperatura da Água, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Resíduo Total e Turbidez);

ISTO

- a) Variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas (Teste de Ames - Genotoxicidade, Potencial de Formação de Trihalometanos - PFTHM, Número de Células de Cianobactérias, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio e Níquel);
- b) Grupo de variáveis que afetam a qualidade organoléptica (Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre e Zinco).

Cálculo do IAP

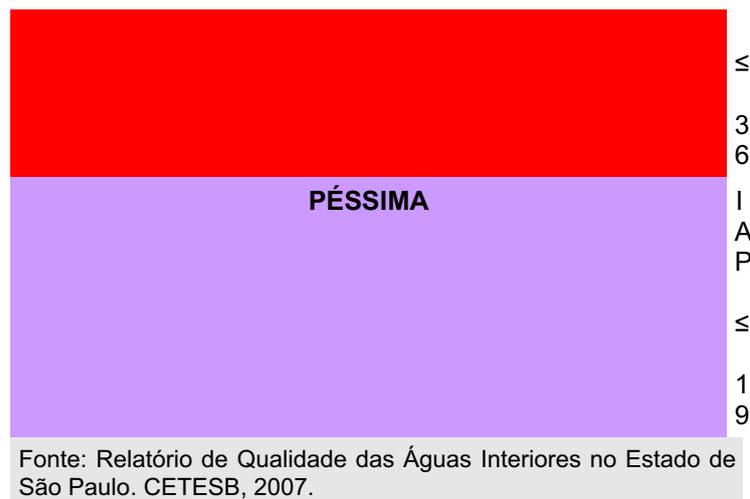
O IAP é calculado a partir do produto entre o antigo IQA e o ISTO, segundo a seguinte expressão:

$$\text{IAP} = \text{IQA} \times \text{ISTO}$$

As classificações do IAP estão ilustradas no Quadro 01.

Quadro 01. Classificação do IAP

Categoria	P o n d e r a ç ã o
ÓTIMA	7 9 < I A P ≤ 1 0 0
BOA	5 1 < I A P ≤ 7 9
REGULAR	3 6 < I A P < 5 1
RUIM	1 9 < I A P



O IAP completo será designado como sendo aquele que inclui no grupo de Substâncias Tóxicas (ST) do ISTO, o Teste de Ames e o Potencial de Formação de THM e será aplicado para todos os pontos da Rede de Monitoramento que são utilizados para abastecimento público. Nos demais pontos, o IAP será calculado excluindo-se tais variáveis.

Parte das variáveis do ISTO apresentam frequência semestral, uma vez que os dados históricos retratam concentrações baixas nas águas. Sendo assim, nos meses onde não existem resultados para essas variáveis, o ISTO será calculado desconsiderando tais ausências.

15.3.2.2.8.1.2. IQA – Índice de Qualidade das Águas

A partir de um estudo realizado em 1970 pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA – Índice de Qualidade das Águas que incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público.

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores “rating”. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove 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.

O IQA é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice.

A seguinte fórmula é utilizada:

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

onde:

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

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e,

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

em que:

n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado no Quadro 02.

Quadro 02. Classificação do IQA	
Categoria	Ponderação
ÓTIMA	79 < IQA ≤ 100
BOA	51 < IQA ≤ 79
ACEITÁVEL	36 < IQA < 51
RUIM	19 < IQA ≤ 36
PÉSSIMA	IQA ≤ 19

Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. CETESB, 2007.

Pela tabela acima, segundo Racanicchi (apud MOLINA, 2006), tem-se que:

- Ótima (80 a 100) são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, não recebem despejos de efluentes não sofrem processos de degradação, excelente para manutenção da biota aquática, abastecimento público e produção de alimentos;
- Boa (52 a 79) são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, embora, em alguns pontos, seja encontrado algum tipo de degradação não comprometendo a qualidade da água para a manutenção da biota aquática, abastecimento público e produção de alimentos;
- Aceitável (37 a 51) são águas encontradas em rios que sofrem interferências e degradação, porém ainda podem ser utilizadas tanto para abastecimento público após tratamentos físico-químicos e biológicos, como para a manutenção da biota aquática e produção de alimentos;
- Ruim (20 a 36) são águas encontradas em rios que sofrem interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo a mesma apenas para navegação e geração de energia;
- Péssima (0 a 19) são águas encontradas em rios que sofrem interferências e degradação, afetando a qualidade, sendo utilizada apenas para navegação e geração de energia, sem possibilidade de tratamento viável.

Além do IQA, existe ainda a Resolução CONAMA nº 357/05, que avalia se as condições dos rios são próprias para cada tipo de uso.

Para ilustrar os parâmetros requeridos, seguem os gráficos abaixo:

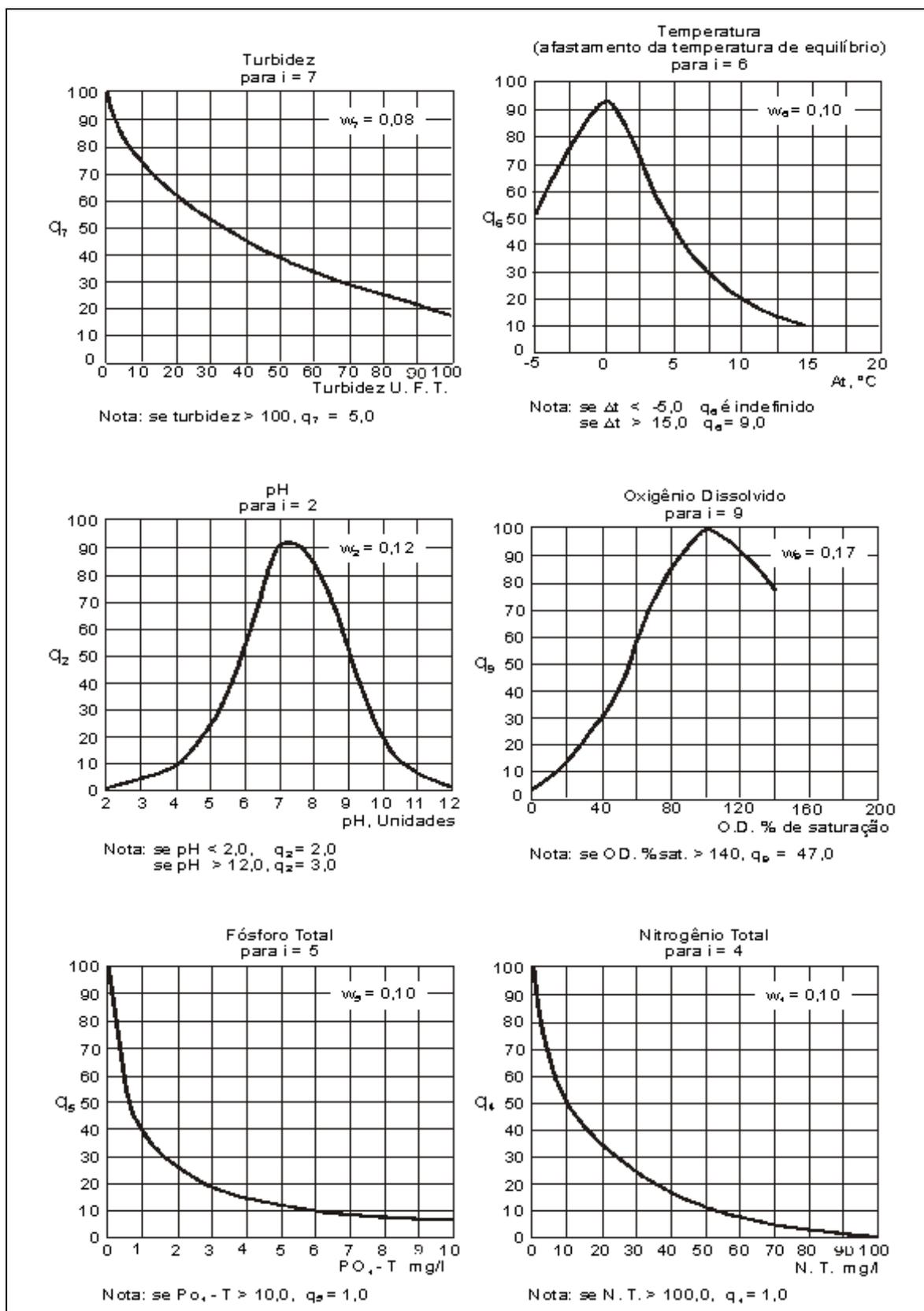


Figura 6 - Curvas de variação dos parâmetros do IQA (CETESB, 2005).

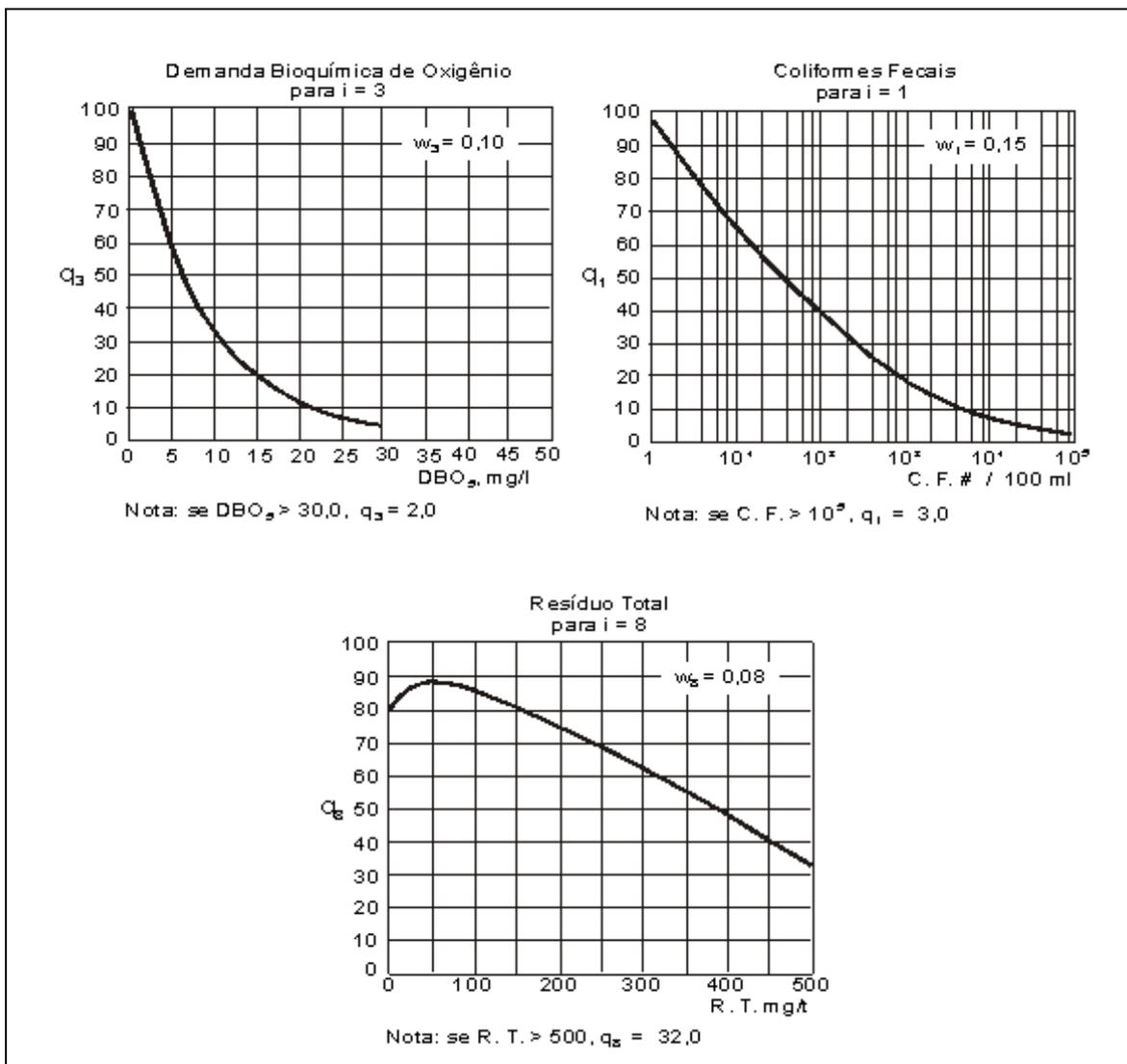


Figura 7 – (Cont.) Curvas de variação dos parâmetros do IQA, continuação (CETESB, 2005).

16.3.2.2.8.1.3. ISTO - Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas

As variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas e que afetam a qualidade organoléptica são agrupadas de maneira a fornecer o Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas (ISTO), utilizado para determinar o IAP, a partir do IQA original.

Para cada parâmetro incluído no ISTO são estabelecidas curvas de qualidade que atribuem ponderações variando de 0 a 1.

As curvas de qualidade, representadas através das variáveis potenciais de formação de trihalometanos e metais, foram construídas utilizando-se dois níveis de qualidade (q_i), que associam os valores numéricos 1.0 e 0.5, respectivamente, ao limite inferior (LI) e ao limite superior (LS). A Figura 8, mostra a curva de qualidade padrão para as variáveis incluídas no ISTO, com exceção feita às variáveis teste de Ames e número de células de cianobactérias.

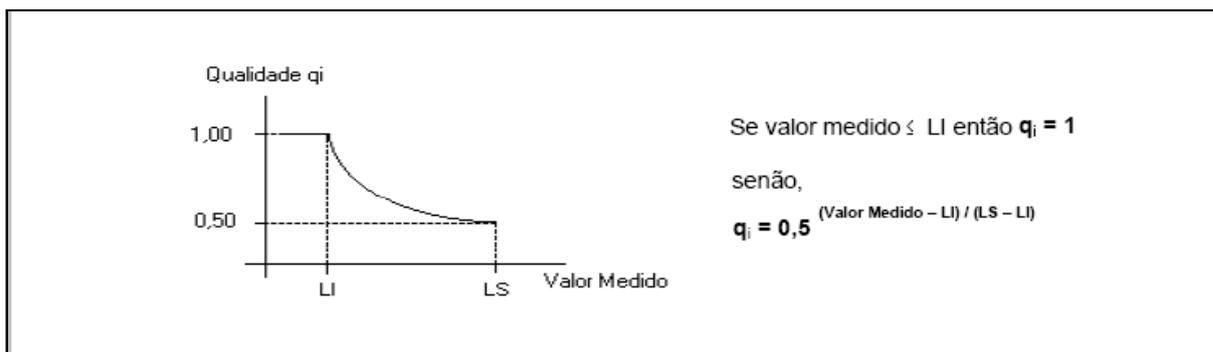


Figura 8. Curva de qualidade padrão para as variáveis incluídas no ISTO

As faixas de variação de qualidade (q_i), que são atribuídas aos valores medidos para o potencial de formação de trihalometanos, para os metais que compõem o ISTO, refletem as seguintes condições de qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público:

Valor medido \leq *LI*: águas adequadas para o consumo humano. Atendem aos padrões de potabilidade da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde em relação às variáveis avaliadas.

LI < *Valor medido* \leq *LS*: águas adequadas para tratamento convencional. Atendem aos padrões de qualidade da classe 3 da Resolução CONAMA 357/05 em relação às variáveis determinadas.

Valor medido > *LS*: águas que não devem ser submetidas apenas a tratamento convencional. Não atendem aos padrões de qualidade da classe 3 da Resolução CONAMA 357/05 em relação às variáveis avaliadas.

Desta forma, o limite inferior para cada uma dessas variáveis foi considerado como sendo os padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e para o limite superior foram considerados os padrões de qualidade de água doce Classe 3 da CONAMA 357/05.

Note que para o *Cromo* a CONAMA 357/05 estabelece um padrão de qualidade igual ao padrão de potabilidade da Portaria 518/04 (0,05 mg/L), portanto optou-se por adotar um nível de concentração para o limite superior que fosse passível de ser removido por meio de tratamento convencional. De acordo com o *Drinking Water and Health*, 1977, o *Cromo* possui uma taxa de remoção no tratamento convencional variando de 0 a 30%. Aplicando-se uma taxa de remoção média de 15% ao limite inferior, obtém-se um limite superior de 0,059 mg/L.

O *Zinco* também possui um padrão de potabilidade igual ao padrão de qualidade CONAMA 357/05 (5,0 mg/L), também optou-se por adotar um nível de concentração para o limite superior que fosse passível de ser removido por meio de tratamento convencional.

Da mesma forma que o *Cromo*, o *Drinking Water and Health*, 1977, estabelece uma taxa de remoção no tratamento convencional variando de 0 a 30%. Aplicando-se a taxa média de remoção de 15% ao limite inferior, obtém-se um limite superior de 5,9 mg/L.

Com relação ao *Níquel* não existe padrão de potabilidade na Portaria 518/04, sendo utilizado como referência a Organização Mundial da Saúde, que estabelece um valor de 0,02 mg/L.

No caso do *potencial de formação de THMs*, foi estabelecida uma equação de regressão linear entre as variáveis potencial de formação de THMs na água bruta e, trihalometanos na água tratada, para isso foram utilizados valores médios de 1997 a 2002, de ambas as variáveis, considerando os mananciais do Guarapiranga, Rio Grande, Cantareira, Baixo Cotia, Alto Cotia e Alto Tietê.

Tanto o limite superior quanto o inferior, foram obtidos por meio desta equação. O limite superior do potencial foi estimado para a concentração de THMs da Portaria 1469, de 100 mg/L, enquanto que o inferior, foi estimado a partir do nível de THMs estabelecido na legislação norte americana, de 80 mg/L. O limite superior do potencial de formação de THMs forneceu um valor de 461 mg/L e o limite inferior do potencial de formação, um valor de 373 mg/L.

Quadro 03. Limites Superiores e Inferiores dos metais e PFTHM			
Grupo	Variáveis	Unidade	Limite Inferior
Tóxicos	Cádmio	mg/L	0,005
	Chumbo	mg/L	0,01
	Cromo Total	mg/L	0,05
	Níquel	mg/L	0,02
	Mercúrio	mg/L	0,001
	PFTHM	mg/L	373
Organolépticos	Alumínio Dissolvido	mg/L	0,2
	Cobre Dissolvido	mg/L	2
	Ferro Dissolvido	mg/L	0,3
	Manganês	mg/L	0,1
	Zinco		5

Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. CETESB, 2007.

Para se determinar o valor numérico referente ao teste de Ames (qTA), na forma normatizada, utiliza-se uma curva de qualidade diferenciada das demais variáveis, segundo a seguinte formulação apresentada.

$$\text{Se: } 100 < \text{Revertentes/L} < 10.000 \rightarrow qTA = (1 - (0,25 * \text{Log} (\text{Revertentes/L})))$$

$$\text{Se: } 0 < \text{Revertentes/L} < 100 \rightarrow qTA = 0,50$$

$$\text{Se: } \text{Revertentes/L} > 10.000 \rightarrow qTA = 0,00$$

Em ambientes lênticos, uma característica importante da qualidade da água para fins de abastecimento público, é a participação da componente biológica (algas).

Até 2005, o IAP apresentava essa deficiência de não contemplar, diretamente, essa variável específica na sua avaliação.

Com o suporte das novas legislações – Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA 357/05, que estabeleceram padrões de qualidade para o Número de Células de Cianobactérias, decidiu-se pela inclusão dessa variável no grupo do ISTO.

Vários gêneros e espécies de cianobactérias, que formam florações, produzem toxinas. As toxinas de cianobactérias, conhecidas como cianotoxinas, constituem uma grande fonte de produtos naturais tóxicos, podendo ter ação aguda e eventualmente até causar a morte por parada respiratória após poucos minutos de exposição (alcalóides ou organofosforados neurotóxicos) ou atuar de forma crônica, acumulando-se em órgãos como o fígado (peptídeos ou alcalóides hepatotóxicos) (Azevedo, 1998).

O Quadro 04 estipula a taxação adotada para o número de células de cianobactérias, que foi baseada nessas legislações e nos dados existentes da rede de monitoramento da CETESB, desde 2002.

Quadro 04. Faixas de número de células de cianobactérias e a respectiva taxação para o cálculo do ISTO	
Níveis	
Nº. de células ≤ 20.000	
20.000 < Nº. de células ≤ 50.000	
50.000 < Nº. de células ≤ 100.000	
100.000 < Nº. de células ≤ 200.000	
200.000 < Nº. de células ≤ 500.000	
Nº. de células > 500.000	
Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. CETESB, 2007.	

Nos pontos de amostragem situados em ambientes lênticos e utilizados para abastecimento público, o número de células de cianobactérias é uma variável obrigatória para o cálculo do IAP. O número de células de cianobactérias também

é obrigatório para o cálculo do IAP em outros corpos lânticos, ou mesmo em rios, nos quais a frequência de análise seja bimestral.

Portanto, através das curvas de qualidade, determinam-se os valores de qualidade normalizados, q_i (número variando entre 0 e 1), para cada uma das variáveis do ISTO, que estão incluídas ou no grupo de substâncias tóxicas, ou no grupo de organolépticas.

Cálculo do ISTO

O ISTO é resultado do produto dos grupos de substâncias tóxicas e as que alteram a qualidade organoléptica da água, como descrito a seguir:

$$\text{ISTO} = \text{ST} \times \text{SO}$$

A ponderação do grupo de substâncias tóxicas (ST) é obtida através da multiplicação dos dois valores mínimos mais críticos do grupo de variáveis que indicam a presença dessas substâncias na água:

$$\text{ST} = \text{Mín-1} (q_{\text{TA}}, q_{\text{THMFP}}, q_{\text{Cd}}, q_{\text{Cr}}, q_{\text{Pb}}, q_{\text{Ni}}, q_{\text{Hg}}, q_{\text{NOC}}) \times \text{Mín-2} (q_{\text{TA}}, q_{\text{THMFP}}, q_{\text{Cd}}, q_{\text{Cr}}, q_{\text{Pb}}, q_{\text{Ni}}, q_{\text{Hg}}, q_{\text{NOC}})$$

A ponderação do grupo de substâncias organolépticas (SO) é obtida através da média aritmética das qualidades padronizadas das variáveis pertencentes a este grupo:

$$\text{SO} = \text{Média Aritmética} (q_{\text{Al}}, q_{\text{Cu}}, q_{\text{Zn}}, q_{\text{Fe}}, q_{\text{Mn}})$$

17.3.2 2.8.1.4. IVA – Índices de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas

O IVA (ZAGATTO *et al.*, 1999) tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral, diferenciado, portanto, de um

índice para avaliação da água para o consumo humano e recreação de contato primário.

O IVA leva em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e duas das variáveis consideradas essenciais para a biota (pH e oxigênio dissolvido), variáveis essas agrupadas no IPMCA – Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática, bem como o IET – Índice do Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo (1990). Desta forma, o IVA fornece informações não só sobre a qualidade da água em termos ecotoxicológicos, como também sobre o seu grau de trofia.

18.3.2.2.8.1.5. IPMCA – Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática

O IPMCA é composto por dois grupos de variáveis:

- *Grupo de substâncias tóxicas* (cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes e fenóis). Neste grupo foram incluídas as variáveis que são atualmente avaliadas pela Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo e que identificam o nível de contaminação por substâncias potencialmente danosas às comunidades aquáticas. Poderão ser incluídas novas variáveis que venham a ser consideradas importantes para a avaliação da qualidade das águas, mesmo em nível regional.

- *Grupo de variáveis essenciais* (oxigênio dissolvido, pH e toxicidade).

Para cada variável incluída no IPMCA, são estabelecidos três diferentes níveis de qualidade, com ponderações numéricas de 1 a 3 e que correspondem a padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86, e padrões preconizados pelas legislações americana (USEPA, 1991) e francesa (Code Permanent: Environnement et Nuisances, 1986), que estabelecem limites máximos permissíveis de substâncias químicas na água, com o propósito de evitar efeitos de toxicidade crônica e aguda à biota aquática.

Esses níveis refletem as seguintes condições de qualidade de água:

- *Nível A:* Águas com características desejáveis para manter a sobrevivência e a reprodução dos organismos aquáticos. Atende aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86 (ponderação 1).

- *Nível B:* Águas com características desejáveis para a sobrevivência dos organismos aquáticos, porém a reprodução pode ser afetada a longo prazo (ponderação 2).

- *Nível C:* Águas com características que podem comprometer a sobrevivência dos organismos aquáticos (ponderação 3).

O Quadro 05 ilustra as variáveis componentes do IPMCA e suas ponderações, de acordo com os três níveis de qualidade.

Quadro 05. Variáveis componentes do IPMCA e suas ponderações.

Grupos	Variáveis	Níveis	Faixa de variação
Variáveis Essenciais (PE)	OD (mg/L)	A	≥ 5,0
		B	3,0 a 5,0
		C	< 3,0
Variáveis Essenciais (PE)	pH (Sørensen)	A	6,0 a 9,0
		B	5,0 a < 6,0 e > 9,0 a 9,5
		C	< 5,0 e > 9,5
Variáveis Essenciais (PE)	Toxicidade	A	Não Tóxico
		B	Efeito Crônico
		C	Efeito Agudo
Substâncias Tóxicas (ST)	Cádmio (mg/L0)	A	≤ 0,001
		B	> 0,001 a 0,005
		C	> 0,005
	Cromo (mg/L)	A	≤ 0,05
		B	> 0,05 a 1,00
		C	> 1,00
	Cobre (mg/L)	A	≤ 0,02
		B	> 0,02 a 0,05
		C	> 0,05
	Chumbo (mg/L)	A	≤ 0,03
B		> 0,03 a 0,08	
C		> 0,08	
Mercúrio (mg/L)	A	≤ 0,0002	
	B	> 0,0002 a 0,001	
	C	> 0,001	
Níquel (mg/L)	A	≤ 0,025	
	B	> 0,025 a 0,160	
	C	> 0,160	
Fenóis (mg/L)	A	≤ 0,001	
	B	> 0,001 a 0,050	
	C	> 0,050	
Surfactantes (mg/L)	A	≤ 0,5	
	B	> 0,5 a 1,0	
	C	> 1,0	
Zinco (mg/L)	A	≤ 0,18	
	B	> 0,18 a 1,00	
	C	> 1,00	

Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. CETESB, 2007.

Nível A: Padrões de qualidade de água da Legislação Federal (CONAMA 20/86), para classes 1 e 2 (BRASIL, 1986).

Níveis B e C: Limites obtidos das legislações francesa e americana (CODE PERMANENT: ENVIRONNEMENT ET NUISANCES, 1986),

(USEPA, 1991).

Cálculo do IPMCA

Dadas as ponderações para as variáveis determinadas em uma amostra de água, o IPMCA é calculado da seguinte forma:

$$\text{IPMCA} = \text{PE} \times \text{ST}$$

onde:

PE: Valor da maior ponderação do grupo de variáveis essenciais;

ST: Valor médio das três maiores ponderações do grupo de substâncias tóxicas. Este valor é um número inteiro e o critério de arredondamento deverá ser o seguinte: valores menores que 0,5 serão arredondados para baixo e valores maiores ou iguais a 0,5 para cima.

O valor do IPMCA pode variar de 1 a 9, sendo subdividido em quatro faixas de qualidade, classificando as águas para proteção da vida aquática, conforme a Quadro 06.

Quadro 06. Classificação do IPMCA	
Categoria	P
BOA	1
REGULAR	2
RUIM	3
PÉSSIMA	≥

Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. CETESB, 2007.

2.8.1.6. IET – Índice do Estado Trófico

O Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao

enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

Das três variáveis citadas para o cálculo do Índice do Estado Trófico, foram aplicadas apenas duas: clorofila a e fósforo total, uma vez que os valores de transparência muitas vezes não são representativos do estado de trofia, pois esta pode ser afetada pela elevada turbidez decorrente de material mineral em suspensão e não apenas pela densidade de organismos planctônicos, além de muitas vezes não se dispor desses dados. Dessa forma, não será considerado o cálculo do índice de transparência em reservatórios e rios do Estado de São Paulo.

Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila a, IET(CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas. Assim, o índice médio engloba, de forma satisfatória, a causa e o efeito do processo. Deve-se ter em conta que num corpo hídrico, em que o processo de eutrofização encontra-se plenamente estabelecido, o estado trófico determinado pelo índice da clorofila a certamente coincidirá com o estado trófico determinado pelo índice do fósforo. Já nos corpos hídricos em que o processo esteja limitado por fatores ambientais, como a temperatura da água ou a baixa transparência, o índice relativo à clorofila a irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em um nível inferior àquele determinado pelo índice do fósforo. Além disso, caso sejam aplicados algicidas, a conseqüente diminuição das concentrações de clorofila a resultará em uma redução na classificação obtida a partir do seu índice.

Foram utilizados os métodos de avaliação de estado trófico, preconizados pelo Standart Methods for Examination of Water and Wastewater 19 Ed.

O Índice do Estado Trófico apresentado e utilizado no cálculo do IVA, será composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET (PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos, segundo as equações:

- Rios
$IET (CL) = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln CL)) / \ln 2)) - 20$
$IET (PT) = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln PT)) / \ln 2)) - 20$
- Reservatórios
$IET (CL) = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln CL)) / \ln 2))$
$IET (PT) = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln PT)) / \ln 2)$

onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em mg.L⁻¹;

CL: concentração de clorofila “a” medida à superfície da água, em mg.L⁻¹;

ln: logaritmo natural.

Nos meses em que estejam disponíveis dados de ambas variáveis, o resultado apresentado nas tabelas do IET será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila a, segundo a equação:

$$IET = [IET (PT) + IET (CL)] / 2$$

Na interpretação dos resultados, os pontos serão classificados conforme os resultados obtidos para o IET anual. Assim, para cada ponto, serão utilizadas as médias geométricas das concentrações de fósforo total e clorofila a para cálculo do IET(PT) e IET(CL) anual, sendo o IET final resultante da média aritmética simples dos índices anuais relativos ao fósforo total e a clorofila “a”.

Em virtude da variabilidade sazonal dos processos ambientais que têm influência sobre o grau de eutrofização de um corpo hídrico, esse processo pode apresentar variações no decorrer do ano, havendo épocas em que se desenvolve de forma mais intensa e outras em que pode ser mais limitado. Em geral, no início da primavera, com o aumento da temperatura da água, maior disponibilidade de nutrientes e condições propícias de penetração de luz na água, é comum observar-se um incremento do processo, após o período de inverno, em que se mostra menos intenso. Nesse sentido, a determinação do grau de eutrofização médio anual de um corpo hídrico pode não identificar, de forma explícita, as variações que ocorreram ao longo do período anual, assim também serão apresentados os resultados mensais para cada ponto amostral.

No caso de não haver resultados para o fósforo total ou para a clorofila "a", o índice será calculado com a variável disponível e considerado equivalente ao IET, devendo, apenas, constar uma observação junto ao resultado, informando que apenas uma das variáveis foi utilizada.

Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios e reservatórios estão descritos nos Quadros 07 e 08. A classificação do IET é apresentada no Quadro 09.

**Quadro 07.
Classificação do
Estado Trófico para
rios segundo Índice
de Carlson
Modificado**

**Classificação do
Estado Trófico - Rios
Categoria (Estado
Trófico)**

	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m-3)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47		P ≤ 13
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52		13 < P ≤ 35
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59		35 < P ≤ 137
Eutrófico	59 < IET ≤ 63		137 < P ≤ 296
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67		296 < P ≤ 640
Hipereutrófico	IET > 67		640 < P

Fonte: Relatório de
Qualidade das Águas
Interiores no Estado de
São Paulo. CETESB,
2007.

Quadro 08.
Classificação do
Estado Trófico para
reservatórios
segundo Índice de
Carlson Modificado
Classificação do
Estado Trófico -
Reservatórios
Categoria (Estado
Trófico)

	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m-3)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$S \geq 2,4$	$P \leq 8$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$2,4 > S \geq 1,7$	$8 < P \leq 19$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$1,7 > S \geq 1,1$	$19 < P \leq 52$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$1,1 > S \geq 0,8$	$52 < P \leq 120$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$0,8 > S \geq 0,6$	$120 < P \leq 233$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$0,6 > S$	$233 < P$

Fonte: Relatório de
 Qualidade das Águas
 Interiores no Estado de
 São Paulo. CETESB,
 2007.

Quadro 09. Classificação do IET	
Categoria (Estado Trófico)	
Ultraoligotrófico	
Oligotrófico	
Mesotrófico	
Eutrófico	
Supereutrófico	
Hipereutrófico	

Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. CETESB, 2007.

No Quadro 10 são apresentados os valores possíveis de IVA, a partir dos valores do IET integrados com os do IPMCA.

Quadro 10. Cálculo do IVA integrando os valores do IET com os valores do IPMCA

	Ponderação	IPMCA				
		1	2	3	4	5 a 9
IIET	0,5	1,7	2,9	4,1	5,3	7,7 – 11,3
	1	2,2	3,4	4,6	5,8	8,2 – 11,8
	2	3,2	4,4	5,6	6,8	9,2 – 12,8
	3	4,2	5,4	6,6	7,8	10,2 – 13,8
	4	5,2	6,4	7,6	8,8	11,2 – 14,8
	5	6,2	7,4	8,6	9,8	12,2 – 15,8

Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. CETESB, 2007.

Legenda:

ÓTIMA
BOA
REGULAR
RUIM
PÉSSIMA

O valor resultante do índice descreve cinco classificações de qualidade, ilustradas no Quadro 11.

Quadro 11. Classificação do IVA	
Categoria	P o n d e r a ç ã o
ÓTIMA	I V

	A ≤ 2 , 5
BOA	2 , 6 ≤ I V A ≤ 3 , 3
REGULAR	3 , 4 ≤ I V A ≤ 4 , 5
RUIM	4 , 6 ≤ I V A ≤ 6 , 7
PÉSSIMA	6 , 8 ≤ I V A
Fonte: Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. CETESB, 2007.	

De acordo com as legislações estadual (Regulamento da Lei 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual 8468/76) e federal (Resolução CONAMA 20/86), a proteção das comunidades aquáticas está prevista para corpos d'água enquadrados nas classes 1, 2 e 3, sendo, portanto, pertinente a aplicação do IVA somente para esses ambientes. Assim sendo, para os corpos d'água enquadrados na classe 4 não será aplicado o IVA.

Se, em uma dada amostra, não houver o resultado do teste de toxicidade, mas existirem resultados de oxigênio dissolvido e pH, o IVA será calculado nas seguintes condições:

- Quando a concentração do oxigênio dissolvido for menor do que 3 mg/L;
- Quando o teste de toxicidade for semestral.

Nesses casos, a ausência de resultados do grupo de Substâncias Tóxicas do IPMCA não implicará na inviabilidade do cálculo do IVA.

19.3.2 2.9. PARÂMETROS PARA ANÁLISE DA ÁGUA

Alguns componentes presentes na água alteram o seu grau de pureza e podem ser retratada de uma maneira ampla e simplificada, em termos das suas características físicas, químicas e biológicas (SPERLING, 1996). Os parâmetros de qualidade da água são:

- Características biológicas. Os seres presentes na água podem ser vivos ou não. Dentre os seres vivos, têm-se os pertencentes aos reinos animal, vegetal e protista.
- Características físicas. As impurezas enfocadas do ponto de vista físico estão associadas aos sólidos presentes na água. Estes sólidos podem ser suspensos, coloidais ou dissolvidos (dependendo do seu tamanho).
- Características químicas. Giram em torno da quantidade de matéria orgânica ou inorgânica presentes na água.

Assim, será feita a caracterização dos principais parâmetros analisados neste estudo, seus conceitos e definições, evidenciando os aspectos naturais de cada um deles sem a influência e interferência da ação antrópica. São destacados os

efeitos da poluição, sob o ponto de vista de diversos autores, e os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, que fixa valores para os padrões de diferentes classes de um corpo receptor. O Quadro 12 apresenta os limites para um rio de classe II e ainda sobre os usos a que se destina essa água.

Parâmetro	Resolução Classe II	20.3.2 Águas Destinadas
Sabor/odor	Não objetável	- Ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
pH	6,0 – 9,0	- À proteção das comunidades aquáticas;
Cor aparente (mg Pt/L e UH)	< 75	- À recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
Oxigênio Dissolvido (mg de O ₂ /L)	> 5	- À irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
Turbidez (uT)	< 100	- À criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	< 5	
Sólidos dissolvidos (mg/L)	< 500	
Coliformes totais (NMP/100 ml)	< 5.000	
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	< 1.000	

Quadro 12 – Alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos (Resolução CONAMA nº 357/05).

A qualidade de uma água é definida por sua composição química, física e bacteriológica (RICHTER; NETTO, 1991). As características desejáveis de uma água dependem de qual será sua utilização. Para o consumo humano, faz-se necessário uma água pura e saudável, isto é, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto e odor, de quaisquer organismos capazes de provocar doenças e de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais. A qualidade da água é determinada por um conjunto de parâmetros, os quais englobam análises físicas, químicas e biológicas.

21.3.2

22.3.2.2.9.1. Parâmetros físicos

Pela Resolução CONAMA nº 357/05, a caracterização das impurezas físicas da água pode ser feita a partir da classificação dos sólidos por tamanho ou também, através de suas características químicas:

- Sólidos em suspensão (algas, protozoários e bactérias > 100µm);
- Sólidos coloidais (10-3 µm < vírus e bactérias < 100 µm);
- Sólidos dissolvidos (sais e matéria orgânica < 10-3 µm).

As principais características físicas da água são a turbidez e a temperatura, dentre outras.

23.3.2 2.9.1.1. Turbidez (uT)

Traduz-se na interferência da passagem da luz através da água, provocada por partículas insolúveis de solo, matéria orgânica, microorganismos e outros materiais que desviam e/ou absorvem os raios luminosos que adentram na água.

As partículas que causam a turbidez podem ainda, provocar o sabor e o odor da mesma, uma vez que transportam matéria orgânica absorvida.

Segundo Branco (1983), a presença de sólidos suspensos na água como argila, silte, substâncias orgânicas, organismos microscópicos e outras partículas originadas de despejos de efluentes domésticos e industriais, podem, se precipitados, perturbar o ecossistema aquático. Os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microorganismos patogênicos, entretanto, se forem de origem natural, não trazem inconvenientes sanitários diretos. É utilizado como parâmetro na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas e no controle da operação das estações de tratamento de água.

É recomendado um nível de turbidez de até 5 unidades, para enquadramento nos padrões internacionais da água de consumo humano, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) (BATALHA; PARLATORE, 1977). A Resolução CONAMA nº 357/05, que estabelece o limite de turbidez para um rio classe II é de 100 NUT.

24.3.2

2.9.1.2. Temperatura (°C)

De maneira geral, a temperatura da água apresenta pequena variação temporal durante o dia, garantindo a sobrevivência e proliferação dos seres aquáticos.

Algumas modificações podem ser provocadas por mudanças na temperatura e em outras propriedades da água, dentre elas:

- Diminuição da viscosidade pela elevação da temperatura (ocorrendo muitas vezes o afundamento de microorganismos aquáticos, principalmente do fitoplâncton);
- Aumento da densidade da água pela redução de temperatura, que ocorre até uma temperatura de 4°C, abaixo da qual a densidade diminui (a densidade máxima da água a 4°C). Quanto maior a temperatura, menor o teor de oxigênio dissolvido na água (MOTA, 1997).

Nos ecossistemas aquáticos continentais, a quase totalidade da propagação do calor ocorre por transporte de massa d'água, sendo a eficiência desta propagação função da ausência ou presença de camadas de diferentes densidades. Em lagos que apresentam temperaturas uniformes em toda a coluna, a propagação do calor através de toda a massa líquida pode ocorrer de maneira bastante eficiente, uma vez que a densidade da água nessas condições é praticamente igual em todas as profundidades, sendo o vento o agente fornecedor da energia indispensável para a mistura das massas d'água (AMBIENTE BRASIL, 2005).

Por outro lado, quando as diferenças de temperatura geram camadas d'água com diferentes densidades, que em si já formam uma barreira física, impedindo que se misturem, e se a energia do vento não for suficiente para misturá-las, o calor não se distribui uniformemente, criando a condição de estabilidade térmica. Quando ocorre este fenômeno, o ecossistema aquático está estratificado termicamente.

Os estratos formados freqüentemente estão diferenciados física, química e biologicamente (AMBIENTE BRASIL, 2005).

O represamento da água é outro fator que contribui para a elevação da sua temperatura. A alteração da correnteza, que fica mais lenta, faz com que a temperatura das águas superficiais se eleve mais que a temperatura média da água do rio (BRANCO; ROCHA, 1976).

25.3.22.9.2. Parâmetros químicos

Para Oliveira (1976), as características químicas das águas são provenientes de substâncias dissolvidas, as quais geralmente são avaliadas por meios analíticos.

A utilização de elementos como cloretos, nitritos e nitratos e o teor de oxigênio consumido, como indicadores de poluição, permite apontar quando a poluição é recente ou remota, se é maciça ou tolerável. As características químicas das águas são determinadas por meio de análises experimentais, seguindo métodos adequados e padronizados para cada substância. Os resultados são fornecidos em concentração da substância por miligrama por litro (mg/L).

Abaixo se encontram alguns parâmetros químicos de avaliação da qualidade das águas:

- Potencial Hidrogeniônico (pH);
- Oxigênio Dissolvido (OD);
- Fósforo Total (P_T);
- Nitrogênio Total (N_T);
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

26.3.22.9.2.1. Potencial hidrogeniônico

A medida de acidez ou alcalinidade de uma solução é chamada potencial hidrogeniônico (pH). Há uma escala para o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução. Trata-se da escala logarítmica de pH que varia de 0 a 14, onde 0 é considerado uma solução muito ácida e 14 uma solução muito alcalina.

Segundo a CETESB (1978), a concentração relativa dos íons hidrogênio na água indica se essa atua como um ácido fraco ou como uma solução alcalina. Quando a quantidade de íons hidrogênio é excessiva em relação aos outros íons, resulta uma reação ácida. A concentração dos íons hidrogênio é expressa pelo seu pH.

Um pH igual a 7 indica uma solução neutra. Se for menor que 7, indica uma condição ácida; maior que 7 corresponde a uma solução alcalina (básica). Uma molécula de água (H_2O) tem uma leve tendência de dividir-se em dois íons do mesmo modo que alguns dos minerais dissolvidos. A fórmula H_2O pode formar a fórmula HOH; quando se ioniza, divide-se em duas partes, o cátion H^+ e o anion OH^- , chamado, este último, íon hidroxila ou oxidrila. Na água pura uma pequena proporção de moléculas se ioniza.

A acidez é oposta à alcalinidade, e neutraliza uma base ou álcali. Sendo considerada ácida qualquer água com pH abaixo de 7, a acidez mineral livre só se verifica com pH inferior a 4,5 (SANTOS FILHO, 1983).

A alcalinidade é a quantidade de íons presentes na água que neutralizarão os íons hidrogênio. Dentre os álcalis mais conhecidos estão os bicarbonatos, carbonatos e os hidróxidos. As origens naturais da alcalinidade são a dissolução de rochas e as reações do dióxido de carbono (CO_2), resultantes da atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica com a água. Além desses, os despejos industriais são responsáveis pela alcalinidade nos cursos d'água. Como consta no Projeto Águas e Minas (2005), para o controle de tratamento d'água, a alcalinidade é de grande importância na sua avaliação, se relacionado com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações diretamente.

Para Lima (2001), a grande maioria dos corpos d'água tem o pH variando entre 6 e 8. Quando o ecossistema apresenta valores baixos de pH significa que ele tem grandes concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone. Nesses ecossistemas, são encontradas altas concentrações de ácido

sulfúrico, nítrico, oxálico, acético, além de ácido carbônico, formado, principalmente, pela atividade metabólica dos microorganismos aquáticos.

27.3.2 2.9.2.2. Oxigênio dissolvido (mg/L)

A injeção de oxigênio (O_2) na água se dá através da atividade fotossintética de plantas aquáticas ou pela difusão atmosférica, podendo ser posteriormente consumido, como explica Pitter (1993), durante a decomposição aeróbia de substâncias orgânicas, oxidação de alguns compostos inorgânicos e respiração de organismos presentes no meio aquático. Já em zonas de águas limpas, a concentração de oxigênio dissolvido varia durante o dia, dependendo da intensidade das atividades fotossintéticas e das mudanças de temperatura.

O oxigênio dissolvido (OD), em grandes quantidades, é um indicador de qualidade da água no tocante à sobrevivência das espécies. Em baixa quantidade, pode indicar possíveis fontes de poluição ocasionada por despejos orgânicos consumidores de oxigênio. Deste modo, o oxigênio dissolvido é de vital importância para a sobrevivência dos peixes, onde uma concentração de 3,0 a 4,0 mg/L é considerada baixa para este fim (PITTER, 1993).

Valores baixos de OD, podem estar indicando a presença de matéria orgânica consumidora, enquanto valores elevados devem-se à existência de crescimento anormal de algas, uma vez que, elas liberam oxigênio durante o processo de fotossíntese (PITTER, 1993).

A atividade fotossintética de oxigênio só contribui significativamente após ocorrer grande parte da decomposição de matéria orgânica pelas bactérias, ou após terem se desenvolvido também protozoários que, além de se comportarem como decompositores consomem bactérias deixando as águas mais claras permitindo assim, a penetração de luz. Porém, é um efeito que pode “mascarar” uma avaliação do grau de poluição da água, quando se estima somente a concentração de OD. Pode se expor então, que águas que encontram-se poluídas, apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos), enquanto as águas limpas

apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação (CETESB, 2002).

No entanto, uma água, quando eutrofizada, pode apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, caracterizando uma situação de supersaturação. Isto se dá, pois a baixa velocidade da água nos lagos permite a formação de crostas verdes de algas na superfície.

Em suma, o OD é consumido por bactérias durante o processo metabólico de conversão da matéria orgânica em água e gás carbônico (CO₂), compostos considerados simples e inertes. Com isso, enquanto houver matéria orgânica proveniente das fontes de poluição, mais oxigênio dissolvido é consumido.

28.3.2 2.9.2.3. Fósforo total (mg/L)

O fósforo (P) é um elemento químico que auxilia no crescimento de organismos no meio aquático, especialmente de algas (METCALF et al., 1991).

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples.

Os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo. O fósforo orgânico é normalmente de menor importância. Conforme Sperling (1996), o fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento.

A presença de fósforo nas águas pode estar relacionada com a dissolução de compostos do solo, despejos domésticos e/ou industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. Feitosa et al. (apud Lima, 2001) enfatizam que, devido à ação dos microorganismos, a concentração de fósforo pode ser baixa (< 0,5 mg/L) em águas naturais e valores acima de 1,0 mg/L geralmente são indicativos de águas poluídas. Legalmente valores acima de 0,1 mg/L são indesejáveis.

Segundo descrito no *site* Projeto Águas e Minas (2005), a utilização de detergentes de uso doméstico e industrial favorece o aumento das concentrações de fósforo nas águas. Concentrações elevadas de fósforo promovem o crescimento excessivo de algas na superfície de corpos d'água, acelerando indesejavelmente, em determinadas condições, o processo de eutrofização. Por outro lado, o fósforo é um nutriente fundamental para o crescimento e multiplicação das bactérias responsáveis pelos mecanismos bioquímicos de estabilização da matéria orgânica.

Em se tratando do processo de eutrofização, como consta no *site* Prossiga (2005), ressalta-se que a água, quando acrescida de nutrientes, principalmente compostos nitrogenados e fosforados, sofre a proliferação de algas que proporciona a redução dos níveis de oxigênio dissolvido, o que pode levar a morte parte da biota. Em geral, o enriquecimento de componentes fosforados na água se dá devido aos depósitos de fertilizantes usados na agricultura ou do lixo e esgotos domésticos, além dos resíduos industriais.

29.3.2 2.9.2.4. Nitrogênio total (mg/L)

O nitrogênio (N) aparece na proporção de 78,08% em volume no ar atmosférico (NUVOLARI, 2003).

O nitrogênio pode ter origem natural, pois é constituinte de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos. Mas também pode ter origem antropogênica, sendo originário de despejos domésticos, despejos industriais, excrementos de animais e fertilizantes.

Segundo Nuvolari (2003), o N é absorvido na forma inorgânica pelas plantas, na forma amoniacal (NH^{+4}) e/ou de nitrato (NO^{-3}), ou ainda na forma orgânica $(\text{NH}_4)_2\text{CO}$. O nitrogênio é o elemento mais importante entre os nutrientes essenciais para a vida e é absorvido em maior quantidade pelas plantas. Estas o imobilizam em suas proteínas na forma de radicais NH_2 (aminas). Nessa forma imobilizada, o nitrogênio é chamado de "orgânico".

Os microorganismos, de forma geral, também absorvem o nitrogênio nas formas de amônia e de nitrato, imobilizando-os na forma de nitrogênio orgânico no protoplasma de sua célula. Sob condições anóxicas, alguns microorganismos utilizam na oxidação da matéria orgânica, o oxigênio presente na molécula do nitrato (NO^{-3}) devolvendo o nitrogênio molecular N_2 à atmosfera, fenômeno este conhecido por desnitrificação. Os animais absorvem as proteínas vegetais ou animais, onde o nitrogênio já está na forma orgânica (imobilizada). Em seus dejetos, de modo geral, os animais restituem o nitrogênio, também, na forma orgânica. Em pouco tempo, porém, sob a ação dos microorganismos decompositores, vai sendo liberado o nitrogênio na forma amoniacal e posteriormente, pelo fenômeno da nitrificação, este passa pelas formas de nitritos e em seguida de nitratos, novamente disponíveis para as plantas e microorganismos.

Mota (1997) salienta que o nitrogênio orgânico e a amônia estão associados a efluentes e águas recém-poluídas. Com o passar do tempo, o nitrogênio orgânico é convertido em nitrogênio amoniacal e, posteriormente, se condições aeróbias estão presentes, a oxidação da amônia acontece, transformando-se em nitrito e nitrato. Conforme ressalta Sperling (1996), em um corpo d'água, a determinação da parcela predominante de nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição. Os compostos de nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, referem-se à poluição recente, enquanto que nitrito e nitrato à poluição mais remota.

Nos corpos d'água naturais, tratando-se de águas que recebem esgotos, podem ocorrer quantidades variáveis de compostos orgânicos, amônia e nitritos. Em geral, a presença destes compostos acusa a existência de poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água, graças principalmente à presença de bactérias nitrificantes. Por essa razão, constituem um importante índice da presença de despejos orgânicos recentes.

30.3.2 2.9.2.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), como demonstra Caiado et al. (1999), é a quantidade de oxigênio solicitada para estabilizar a matéria orgânica e oxidar materiais inorgânicos, dentre eles os sulfetos e o ferro-ferroso, presentes em uma amostra de água. No teste de DBO é medido o oxigênio consumido por organismos vivos enquanto utilizam a matéria orgânica presente na amostra de água. Este teste, se realizado em um rio, é utilizado para medir as condições de poluição por matéria orgânica originadas por efluentes industriais e/ou urbanos.

Em casos extremos, a alta taxa de DBO pode ocasionar o consumo total do oxigênio dissolvido da água, o que acarretará a morte de todos os organismos aeróbios de respiração subaquática (AMBIENTE BRASIL, 2005).

Em suma, trata-se do consumo de oxigênio em função da respiração de organismos vivos presentes na água. Pode-se dizer que a DBO significa o “roubo” de oxigênio que é provocado em um corpo receptor pelo lançamento de uma determinada água residuária.

Geralmente os esgotos sanitários apresentam $DBO_5^{20^\circ C}$ (a $20^\circ C$ e 5 dias de incubação) na faixa de 200 a 600 mg/L como explica Campos (2000).

Isso significa que, no lançamento de um litro (L) de esgotos em um rio, ocorrerá uma “retirada” de cerca de 200 a 600 mg de oxigênio em função da respiração dos microorganismos que decompõem os componentes biodegradáveis desse esgoto. Assim também, cada pessoa ocasiona por dia, uma demanda de 40 a 60 g de $DBO_5^{20^\circ C}$ no corpo receptor dos esgotos da cidade, isto é, cada pessoa é responsável pela retirada de 40 a 60 g por dia de oxigênio do corpo hídrico onde é feito o lançamento de seus esgotos.

31.3.2.2.9.3. Parâmetros microbiológicos

Os microorganismos exercem várias funções essenciais, sendo a principal e mais importante a transformação da matéria orgânica nos ciclos biogeoquímicos, que é o aspecto de maior relevância em termos da qualidade biológica da água e relacionado à possibilidade da transmissão de doenças (SPERLING, 1996). A

determinação da potencialidade da água de transmitir doenças pode ser feita de forma indireta, por meio de organismos indicadores de contaminação fecal, entre os quais, e de maior incidência encontram-se os organismos do grupo coliforme.

32.3.2 2.9.3.1. Coliformes (NMP/100 mL)

O NMP é a unidade de medida utilizada para quantificar os coliformes existentes em uma amostra. Traduz o número mais provável de bactérias coliformes por 100 mililitros (mL). As bactérias do grupo coliforme, não são patogênicas, e indicam a possibilidade de contaminação do corpo hídrico, por microorganismos patogênicos. A avaliação perfunctória, indica organismos do grupo coliforme encontrados inclusive em raízes de vegetais aquáticos e terrestres. Na confirmação de bactérias do grupo coliforme, é feita a confirmação através de pesquisas de aquele grupo, que seja de origem fecal.

A existência de tais organismos – coliformes fecais – comuns no trato intestinal de animais de sangue quente, entre eles o homem, que sugere a contaminação por dejetos. Há organismos em quantidades extremamente altas, de tal forma que um volume de 100 mL de esgoto doméstico chega a apresentar cerca de 10 a 100 milhões de bactérias coliformes. Segundo Campos (2000), pode-se afirmar que grande parte desses microorganismos não causa enfermidades e são utilizados como indicadores da potencialidade de contaminação fecal, infectadas por organismos patogênicos que possam ocasionar doenças.

Para Aisse (2000), todas as bactérias, patogênicas ou saprófitas, demandam além do alimento, oxigênio para respiração. Algumas que utilizam apenas o oxigênio dissolvido na água são as chamadas “bactérias aeróbias”, e o processo de que participam na decomposição do esgoto é denominada “decomposição aeróbia ou oxidação”. Esta decomposição não produz maus odores ou outra espécie de incomodo estético. Outros tipos de bactérias sobrevivem com ausência de oxigênio livre, participando do processo denominado de “decomposição anaeróbia ou putrefação”. Estas são conhecidas como “bactérias anaeróbias”.

33.3.2 2.10. GEOPROCESSAMENTO

Para realização do presente trabalho, foi feita a utilização do geoprocessamento para a análise visual da bacia hidrográfica em estudo para melhor identificar as áreas que, possivelmente, estão degradadas ao longo do córrego Campestre.

O Geoprocessamento se utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para tratar informações geográficas e vem sendo empregado para diagnosticar impactos ambientais, degradação dos recursos naturais, planejamento urbano e regional, dentre outros fins. Como ferramentas computacionais para geoprocessamento, temos os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), os quais permitem a realização de análises complexas, integrando dados de diversas fontes e criar bancos de dados georeferenciados, bem como automatizar a produção de documentos cartográficos (MENDES; CIRILO, 2001).

O geoprocessamento é uma das técnicas, atualmente mais aplicadas, que permitem “modelar” o ambiente através, por exemplo, da formulação de mapas. Assim, para manter a qualidade dos recursos hídricos, monitorar poluentes despejados nos rios, bacias hidrográficas e atmosfera, a geração de mapas georeferenciados e a implantação de sistemas de geoprocessamento contendo essas informações é fundamental para o adequado gerenciamento e controle desses recursos naturais tão importantes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo que compreende a microbacia têm influência direta sobre o Córrego Campestre e está inserida no limite do município de Lins no Estado de São Paulo, localizado na região Centro Oeste, como mostra a Figura 9. A cidade de Lins possui uma área urbanizada de aproximadamente 20 Km².

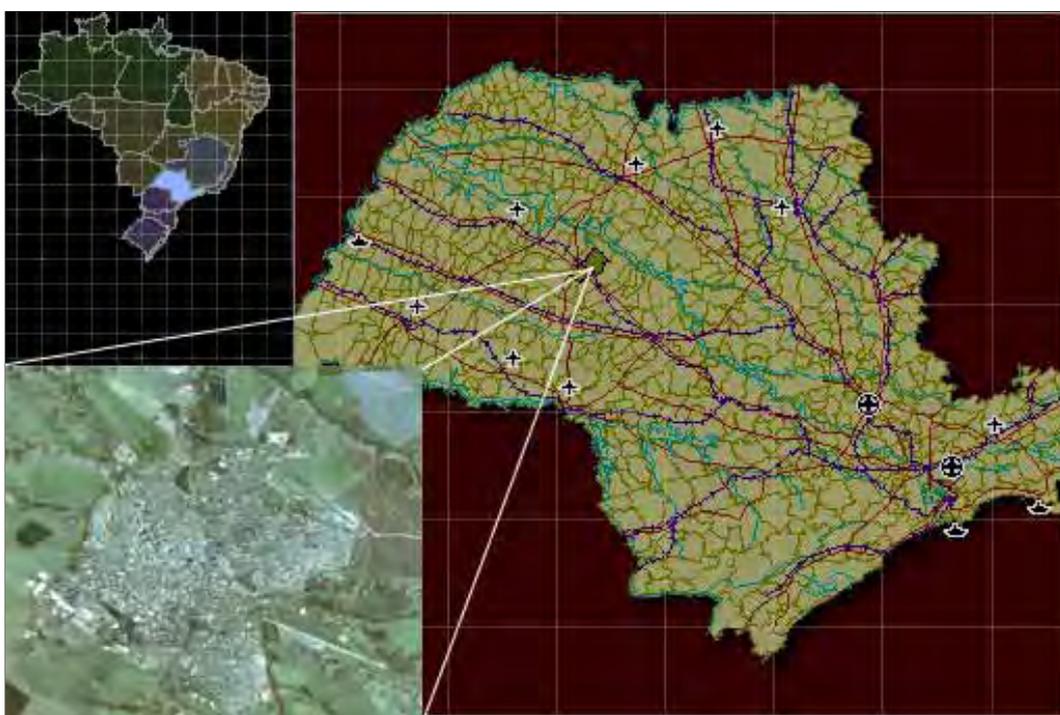


Figura 9 – Localização da cidade de Lins, Estado de São Paulo (IBGE, 2000).

O Estado de São Paulo é dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH) e o município de Lins pertence à UGRH 16, que é a Bacia do Tietê/Batalha, na qual o Córrego Campestre está incluído, conforme Figuras 10 e 11.

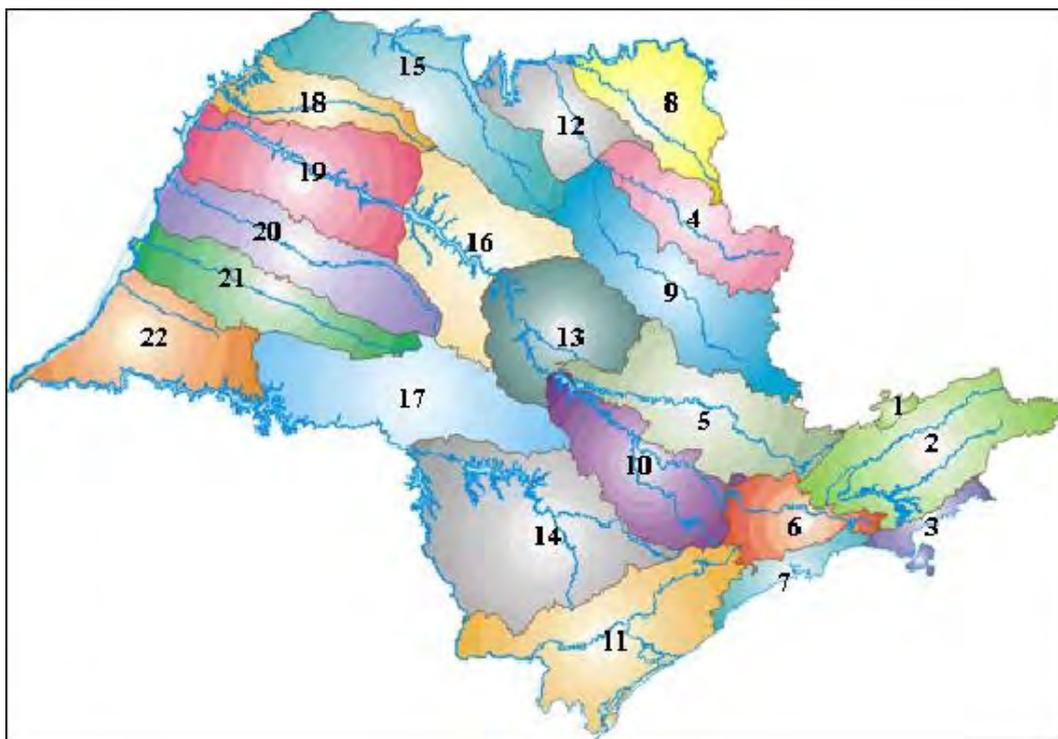


Figura 10 – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (DAEE, 2007).



Figura 11 – Mapa com identificação das UGRH, Estado de São Paulo (DAEE, 2007).

Segundo dados do IBGE (2000), a população do município de Lins - SP é estimada em 65.952 habitantes.

A cidade possui coleta e tratamento de esgoto. A técnica utilizada para o tratamento é através de lagoas de estabilização, compondo-se de três lagoas anaeróbias e três facultativas.

2. LEGISLAÇÃO

O presente trabalho usou como base de referência para verificação dos parâmetros analisados no laboratório, a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (anexo I) 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 e dá outras providências.

As águas doces são classificadas em cinco classes: Especial, I, II, III e IV. Para cada uma das classes descritas, são estabelecidos limites e/ou condições para estabelecer a qualidade, sendo mais restritivo quanto mais nobre for o uso pretendido. Além disso, a Resolução CONAMA nº 357/05 também determina condições para o lançamento dos efluentes dentre as quais serão utilizadas neste trabalho para análises de resultados as seguintes:

- pH entre 5 a 9;
- Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;
- Nitrogênio amoniacal total 20,0 mg/L N.

USOS PREPONDERANTES		C l a s s e s			
		E	I	II	III
Abastecimento doméstico	* sem prévia ou com simples desinfecção	x			
	* após tratamento simplificado		x		
	* após tratamento convencional			x	x
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		x			
Proteção às comunidades aquáticas			x	x	
Harmonia paisagística					
Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)			x	x	
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		x		
	* de hortaliças e plantas frutíferas			x	
	* de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras				x
Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana			x	x	
Navegação					
Dessedentação de animais					x
Usos menos exigentes					

Quadro 13 – Usos preponderantes para cada classe no Brasil (Resolução CONAMA nº 357/05)

3. SOFTWARE E IMAGENS DE SATÉLITES

A pesquisa utilizou softwares de geoprocessamento buscando a interpretação das imagens de satélite, cálculos das áreas, criação de figuras e mapas contendo informações sobre a microbacia, gerando alguns resultados para o estudo.

34.3.2 3.3.1. SIG-CTGEO

O SIG-CTGEO foi desenvolvido e apresentado pelo Centro de Tecnologia em Geoprocessamento (CTGEO), localizado na unidade da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação de Lins tendo como principal função a manipulação de vetores de imagens de satélite e armazenamento de informações em banco de dados. Com os recursos do software, foram realizados diagnósticos e visualização digital dos mapas, fotografias e imagens de satélite, além de consultas temáticas das informações da microbacia do Córrego Campestre.

35.3.23.3.2. Satélite SPOT 5

Para o trabalho utilizou-se a imagem do satélite SPOT 5, com o objetivo de identificar e demarcar, juntamente com a carta do IBGE, a delimitação da microbacia em estudo e a localização dos pontos de amostragem. Este satélite tem resolução de 10 m e é considerado o sistema orbital mais utilizado no monitoramento ambiental.

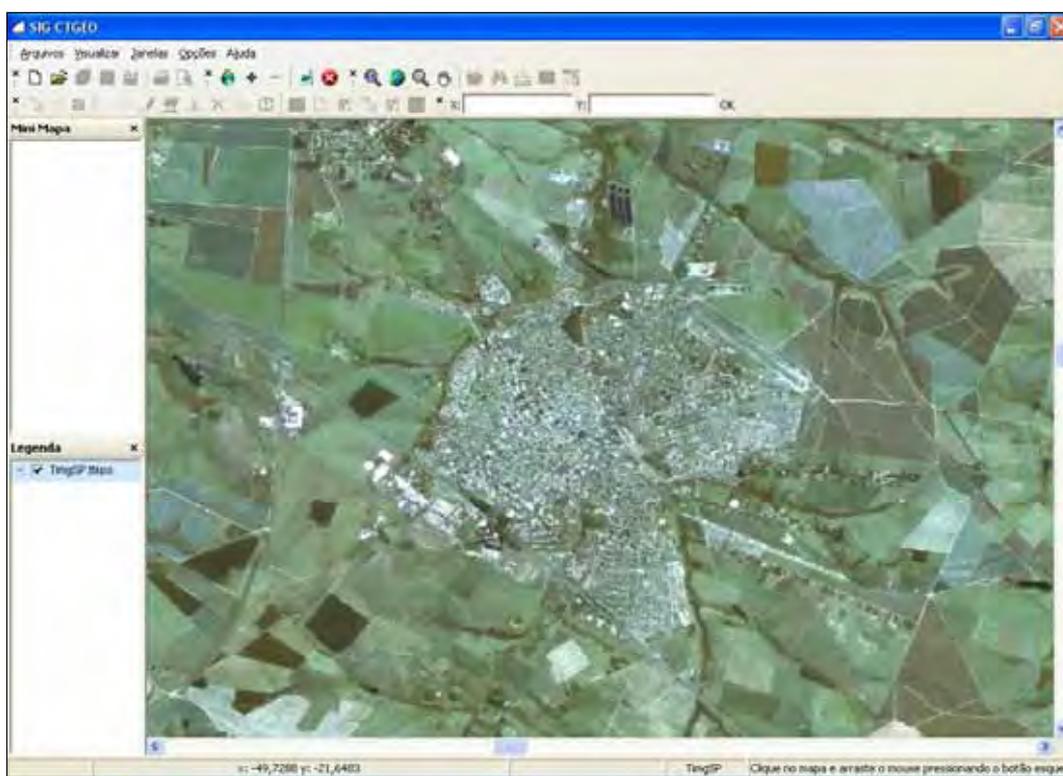


Figura 12 – Imagem do Satélite SPOT 5, visualizada pelo SIG-CTGEO.

36.3.23.3.3. Satélite QUICK BIRD

As imagens do satélite Quick Bird foram utilizadas na confecção dos mapas dos cursos d'água, delimitação da localização das matas ciliares, identificação do local das fontes poluidoras e localização de melhor visualização dos pontos de estudo. As imagens foram adquiridas através de empresas especializadas, tendo como resolução 0,60 m. Na Figura 13 está representada a imagem do satélite Quick Bird, mostrando uma área com curso d'água em evidência.

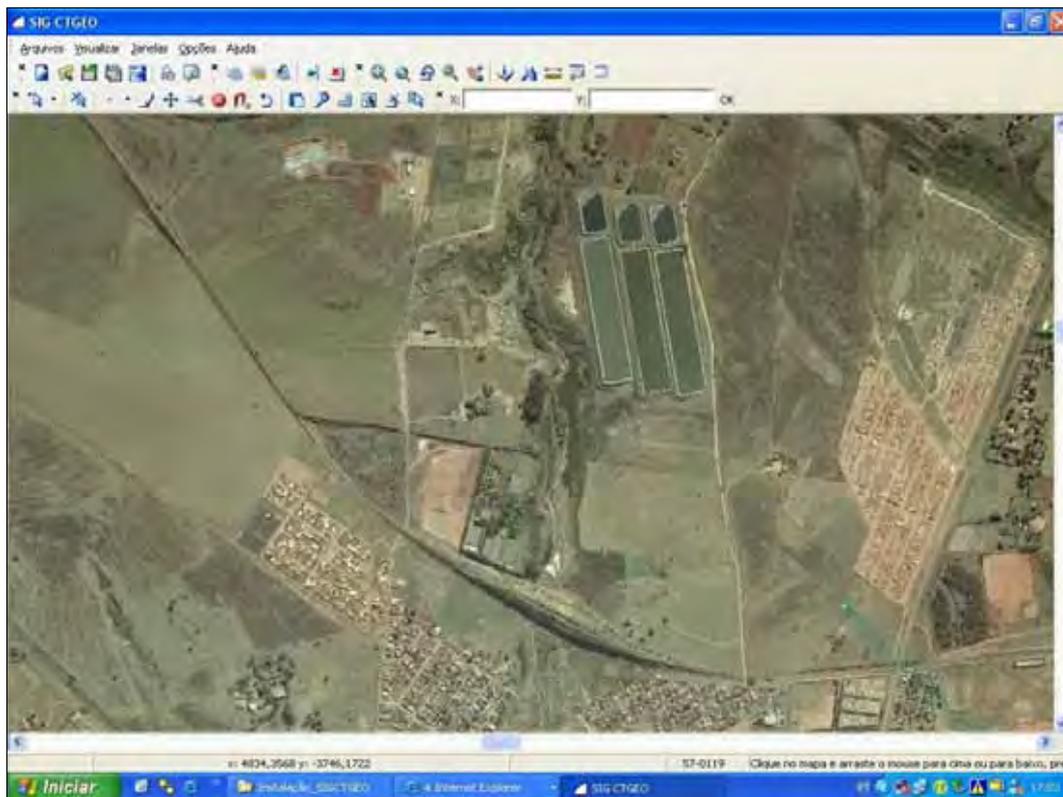


Figura 13 – Imagem do Satélite Quick Bird visualizada pelo SIG-CTGEO.

37.3.23.4. DELIMITAÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE A ÁREA DE ESTUDO

Para o estudo realizado ao longo da microbacia do Córrego Campestre foram utilizadas as cartas dos municípios de Lins e Promissão - SP, as quais tiveram suas curvas de nível digitalizadas no software SIG-CTGEO, a partir das quais pode-se delimitar a bacia em questão. A construção do mapa teve o objetivo de avaliar a área de influência da região urbanizada sobre a microbacia.

38.3.23.3.4. Cartas topográficas

Foram utilizadas cartas topográficas na escala de 1:50.000 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), do ano de 1976, para delimitação da microbacia, em conjunto com as imagens de satélites e utilização do software SIG-CTGEO. Foram utilizadas as cartas dos municípios de Lins e Promissão, Estado de São Paulo.

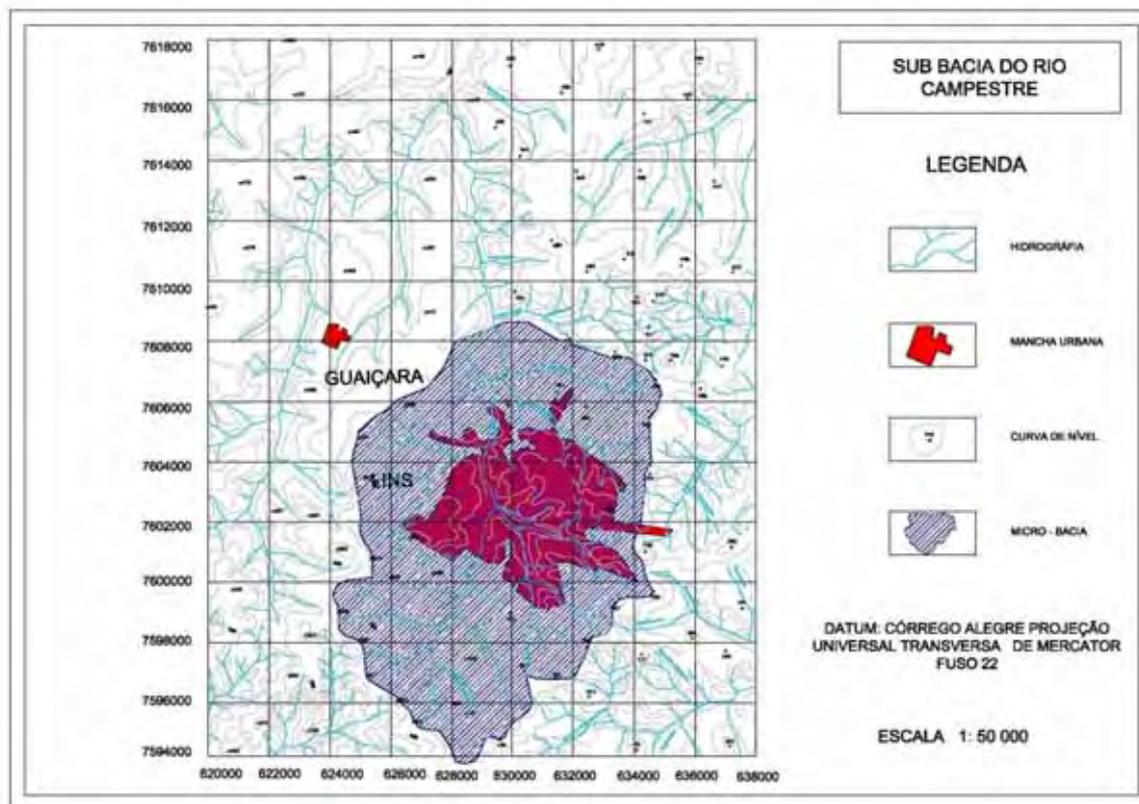


Figura 14 – Delimitação da microbacia do Córrego Campestre, Lins - SP, 2008.

As curvas de nível estão assinaladas em cor preta e os corpos hídricos em azul. A área delimitada hachurada na cor vermelha representa a região urbanizada da cidade de Lins, e a cor azul toda a área da microbacia do Córrego Campestre. A microbacia do Córrego Campestre possui uma área de 107,24 Km², e os córregos principais são: Campestre, Barbosa, Barbosinha e Jacintina, conforme Figura 15.

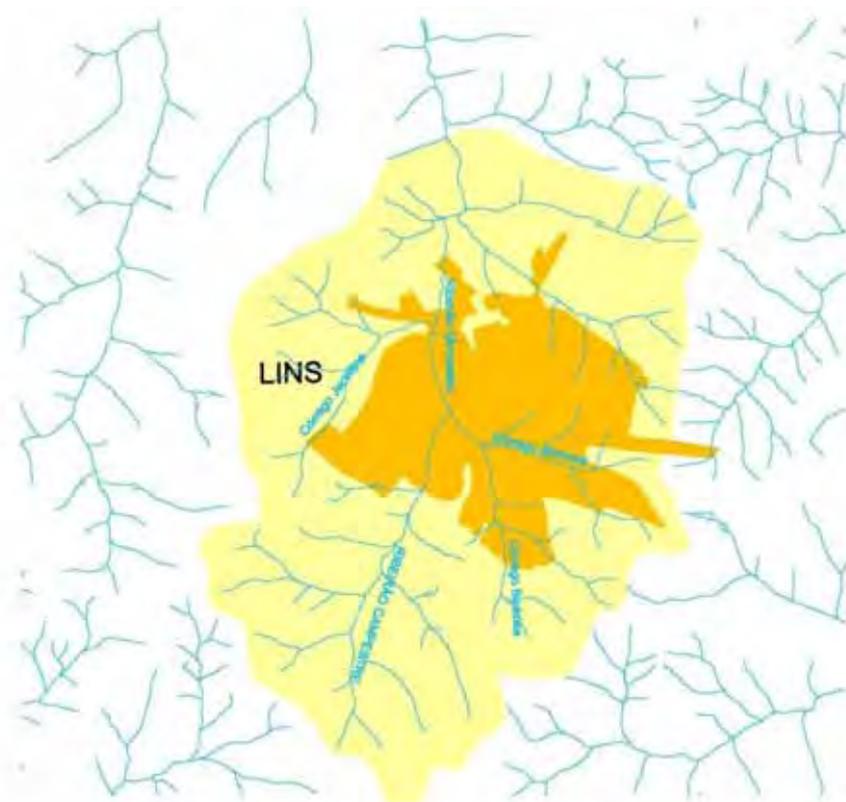


Figura 15 - Córregos da microbacia em estudo.

39.3.23.5. PONTOS DE COLETA DA ÁGUA

Para avaliar as condições ambientais ao longo do Córrego Campestre e de seus afluentes, foram escolhidos previamente, sete pontos diferentes para realizar as coletas de água para análise. As coordenadas geográficas para cada ponto foram registradas por meio de aparelho GPS. A localização dos pontos pode ser observada pela Figura 16 e 17 relacionadas abaixo.

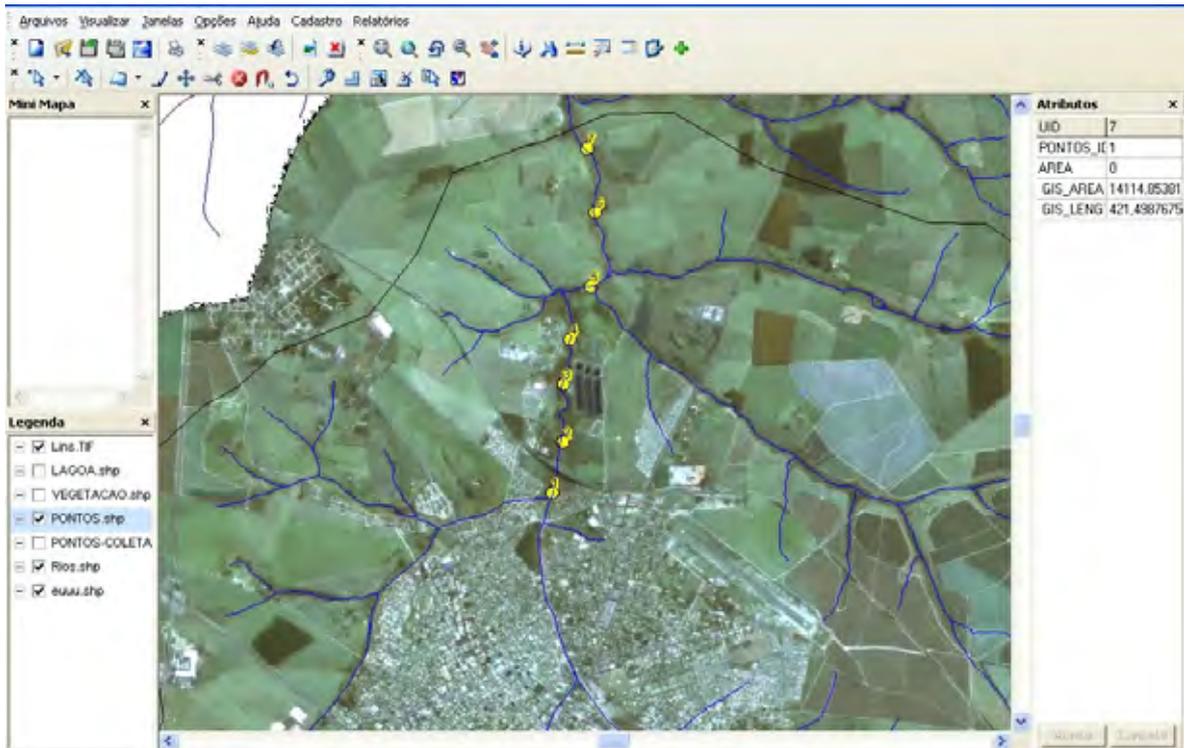


Figura 16 – Localização dos pontos de coleta, visualizados no SIG-CTGEO.

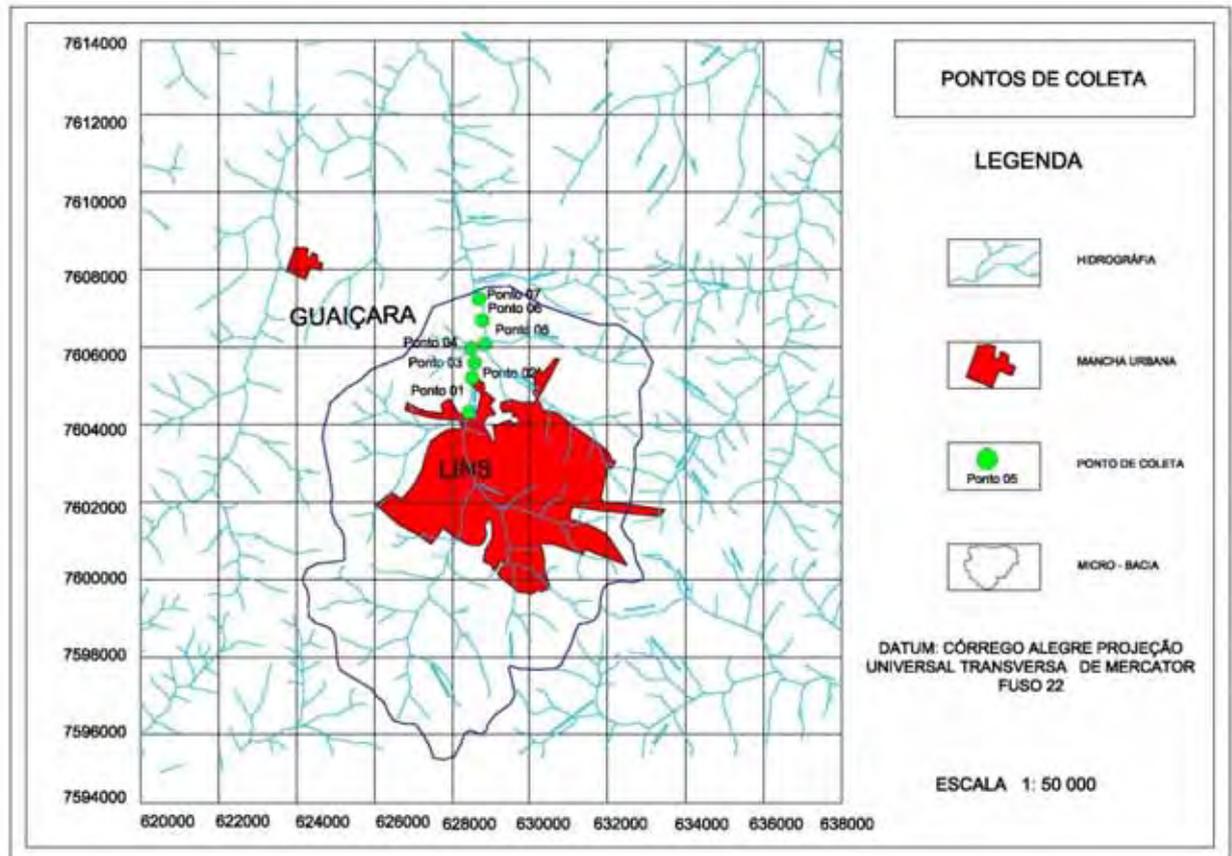


Figura 17 – Localização dos pontos definidos para coleta e análise da água, na Microbacia do Córrego Campestre, Município de Lins – SP, 2008.

Ponto 1

- Datum utilizado: Córrego Alegre (UTM)
- Latitude: 629444,2976
- Longitude: 7604774,5195

O ponto 1 está localizado no Córrego Campestre, na periferia da área urbana da cidade de Lins e na confluência com o Córrego Jacintina. O ponto foi escolhido para avaliar a qualidade da água do Córrego Campestre, ao final da passagem pela região urbanizada. O local pode ser visualizado pelas Figuras 18 e 19.

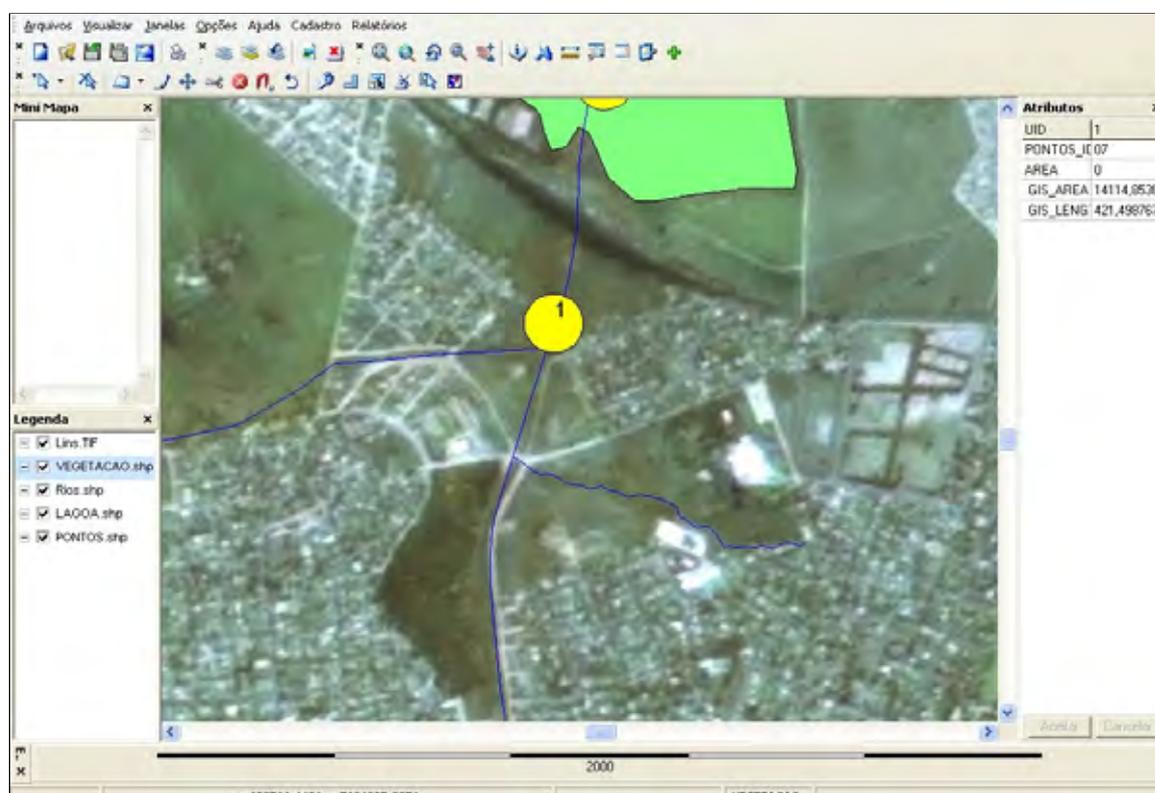


Figura 18 – Localização do ponto 1, visualizado no SIG-CTGEO.



Figura 19 – Córrego Campestre, ponto 1.

Ponto 2

O ponto 2 está localizado a 1077 m do ponto 1, e 200 m do final da mancha urbana. Este ponto foi escolhido com o objetivo de se avaliar a qualidade da água após o encontro com o córrego Jacintína a 1280m da confluência. O local pode ser visto pelas Figuras 20, 21 e 22.

- Datum utilizado: Córrego Alegre (UTM)
- Latitude: 629567,6210
- Longitude: 7606018,9338

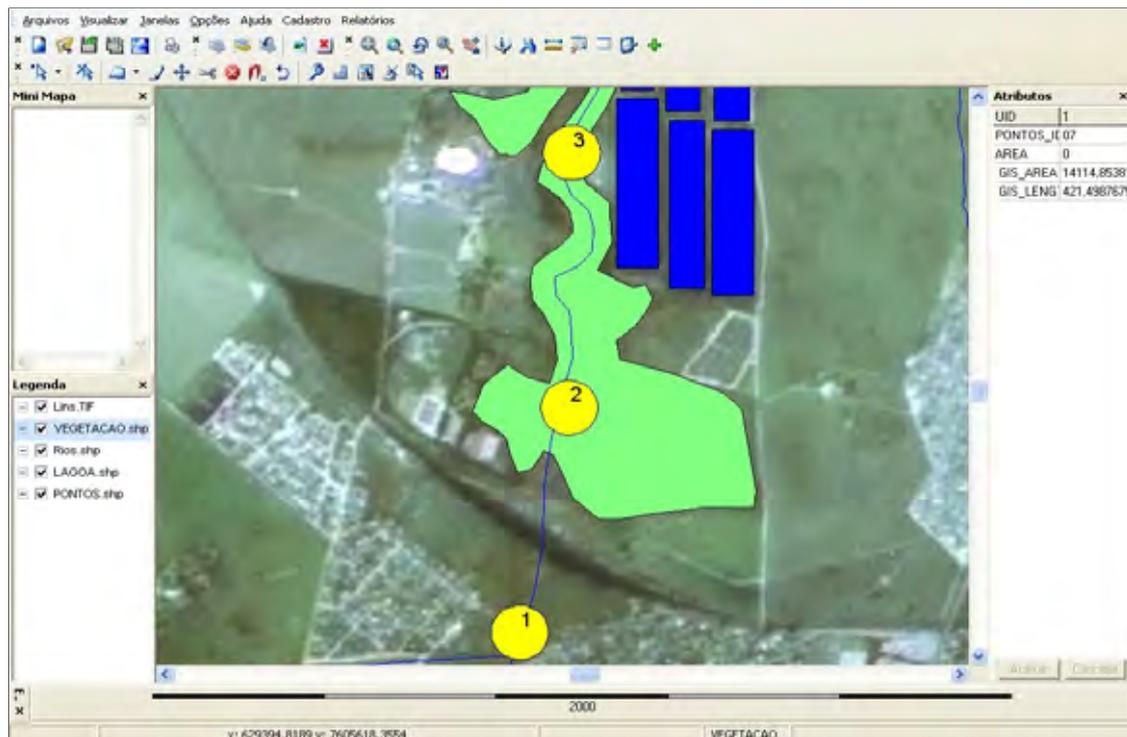


Figura 21 - Córrego Campestre, ponto 2.



Figura 22 – Vegetação no entorno do ponto 2.

Ponto 3

- Datum utilizado: Sad69 (UTM)
- Latitude: 629676,5028
- Longitude: 7606558,6121

O ponto 3 está localizado a 800 m do ponto 2, e a 50m a montante do lançamento de efluente da Estação de Tratamento de Esgotos da cidade de Lins. Este ponto foi escolhido para avaliar a qualidade da água, antes de receber efluente da ETE e pelo antigo lixão, localizado às margens do Córrego em estudo. O local pode ser observado pelas Figuras 23, 24 e 25.



Figura 23 – Localização do ponto 3, visualizado no SIG-CTGEO.



Figura 24 – Córrego Campestre, ponto 3.



Figura 25 – Vegetação no entorno do ponto 3.

Ponto 4

- Datum utilizado: Córrego Alegre (UTM)
- Latitude: 629650,2676
- Longitude: 7606503,3148

O ponto 4 está localizado à 1120 m do ponto 3, a jusante do ponto de lançamento do efluente da ETE. Este ponto foi escolhido para avaliar a qualidade da água do Córrego Campestre depois da entrada do efluente tratado pela ETE e permitira verificar uma possível influencia do antigo lixão. O local pode ser visto pelas Figuras 26, 27 e 28.

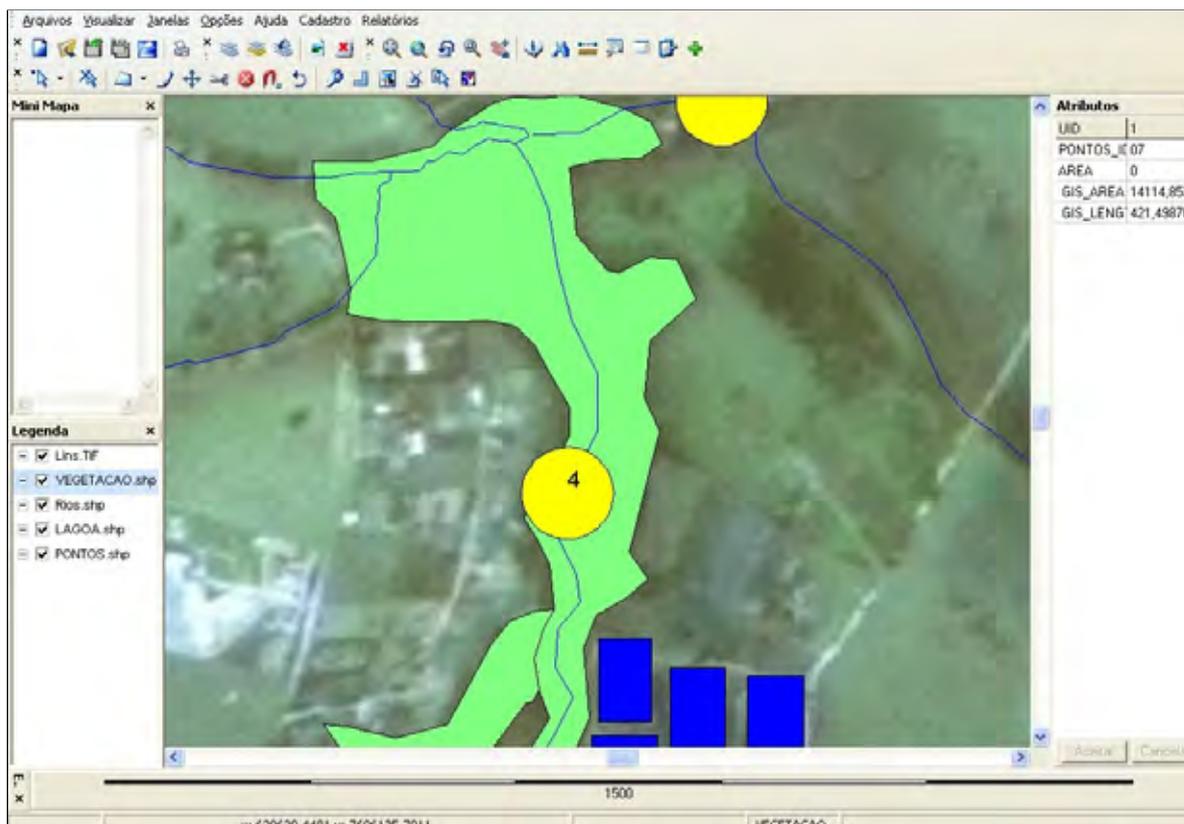


Figura 26 – Localização do ponto 4, visualizado no SIG-CTGEO.



Figura 27 – Córrego Campeste, ponto 4.



Figura 28 – Vegetação no ponto 4.

Ponto 5

- Datum utilizado: Córrego Alegre (UTM)
- Latitude: 629918,6941
- Longitude: 7607069,5377

O ponto 5 encontra-se a 750 m do ponto 4, aproximadamente 800m a jusante do lançamento de efluente da ETE. A adoção deste ponto para coleta foi para melhor avaliar a qualidade da água após o encontro com outros pequenos cursos d'água, e do efluente tratado da ETE. O local pode ser visto pelas Figuras 29, 30 e 31.

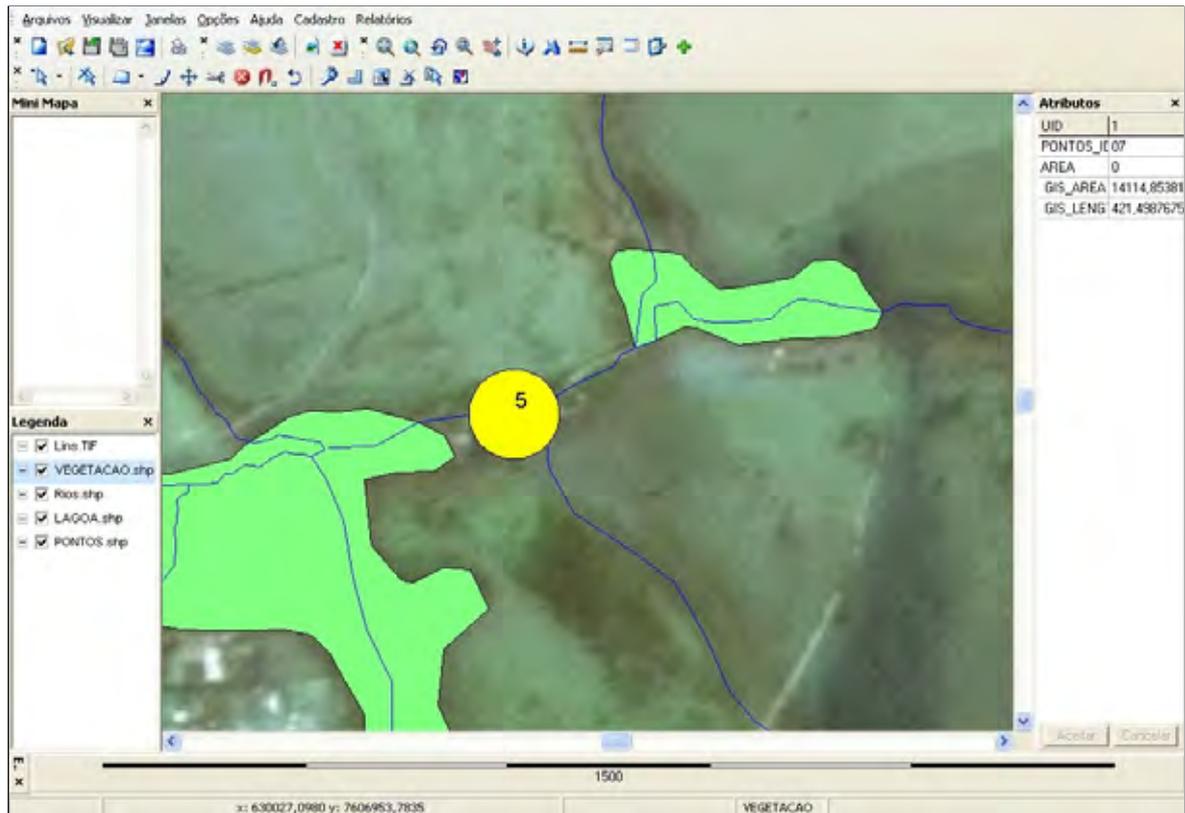


Figura 29 – Localização do ponto 5, visualizado no SIG-CTGEO.



Figura 30 – Córrego Campestre, ponto 5.



Figura 31 – Vegetação no entorno do ponto 5.

Ponto 6

- Datum utilizado: Córrego Alegre (UTM)
- Latitude: 629912,8728
- Longitude: 7607890,2400

O ponto 6 está localizado a 900m do ponto 5. A coleta neste ponto foi para avaliar a qualidade da água do rio após a confluência do córrego Santana. O local pode ser visto pelas Figuras 32, 33 e 34.

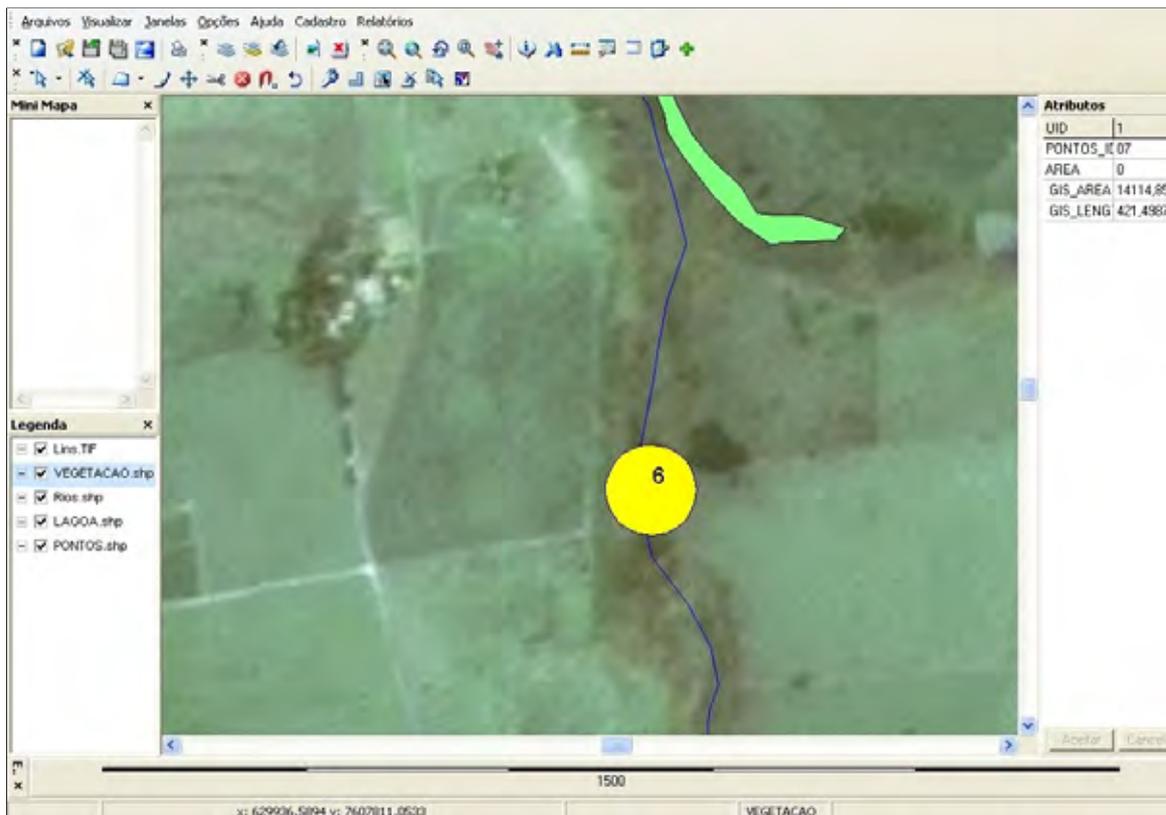


Figura 32 – Localização do ponto 6, visualizado no SIG-CTGEO.



Figura 33 – Córrego Campeste, ponto 6.



Figura 34 – Vegetação no ponto 6.

Ponto 7

- Datum utilizado: Córrego Alegre (UTM)
- Latitude: 629810,2577
- Longitude: 7608567,0998

Após ter percorrido a região urbana da cidade de Lins, recebido efluente da ETE e todos os demais afluentes que possivelmente influenciam a qualidade de suas águas, o ponto 7, aproximadamente 850 m abaixo do ponto 6, e foi escolhido para avaliar a qualidade da água e sua capacidade de autodepuração. O ponto de coleta pode ser observado nas Figuras 35, 36 e 37.

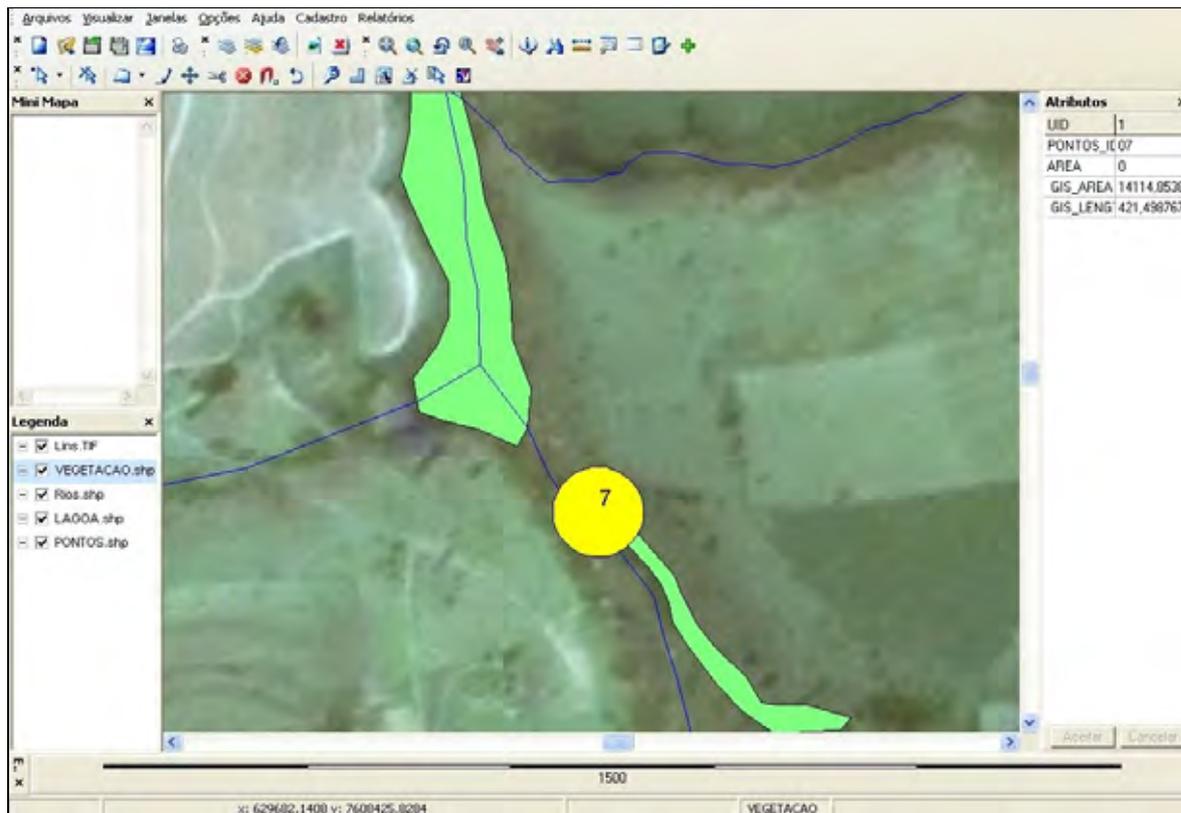


Figura 35 – Localização do ponto 7, visualizado no SIG-CTGEO.



Figura 36 – Córrego Campeste, ponto 7.



Figura 37 – Vegetação no ponto 7.

6. COLETA E ANÁLISE DA ÁGUA

Para realização da coleta e análise da água foi necessário o levantamento de dados e informações de campo dos locais determinados para cada ponto.

Definidos os pontos de realização da coleta de água, foram realizadas foram realizadas 7 coletas no período de 6 meses, no período dos meses de julho/2008 a dezembro/2008, permitindo avaliar as alterações na qualidade da água, dentro de critérios que contemplem a sazonalidade nos períodos de chuva e seca.

40.3.2 3.6.1. Análises de campo

Parte dos ensaios foi realizada no local de coleta das amostras, auxiliados por equipamentos pertencentes ao LACI (Laboratório de Análises Químicas e Controle Industrial), localizado na cidade de Lins. Foram analisados em campo a

temperatura (°C) e o pH da água por meio de equipamento analógico (termômetro) e equipamento eletrônico digital (ph metro), respectivamente,. Também foram coletadas amostras para determinação laboratorial do OD (mg/L).

Os dados de temperatura foram coletados por termômetro graduado a partir de 1°C. O termômetro foi exposto ao ar sem interferência de qualquer fenômeno natural ou artificial para preservar as condições do ambiente. O método consiste em medir a temperatura de cada frasco contendo as amostras, imediatamente após sua coleta, retratando assim as condições ambientais do local.

Para as amostras destinadas ao ensaio laboratorial de OD, utilizaram-se frascos de vidro limpos e desinfetados, evitando qualquer movimentação após retirá-las do curso hídrico para que não houvesse alteração das condições originais.

O procedimento de coleta de informações em campo possibilitou, ainda, a verificação da situação da vegetação na microbacia, a possível ocorrência de fontes de contaminação da água e de degradação do solo, completando o levantamento das condições de cada local da área de estudo.

41.3.23.6.2. Métodos de Coleta

Os métodos de coleta foram os indicados no Standart Methods for Examination of Water and Wastewater 19^a Ed. As amostras coletadas foram preservadas de acordo com o Guia Técnico de Coleta de Amostras, oferecido pela CETESB. A partir daí, realizou-se os ensaios em cada amostra para cada parâmetro definido anteriormente. As amostragens obtidas nas 7 (sete) visitas possibilitaram uma avaliação do funcionamento dos sistemas aquáticos nos períodos de seca e chuvosos.

42.3.23.6.3. Frascos de coleta

Os frascos empregados nas coletas da água foram identificados com o respectivo ponto, para reconhecimento no laboratório, conforme a Figura 38.

Durante a coleta das amostras foram tomados os devidos cuidados para não haver interferências no local da coleta, evitando-se movimentos bruscos dos frascos com água para não alterar suas condições originais.

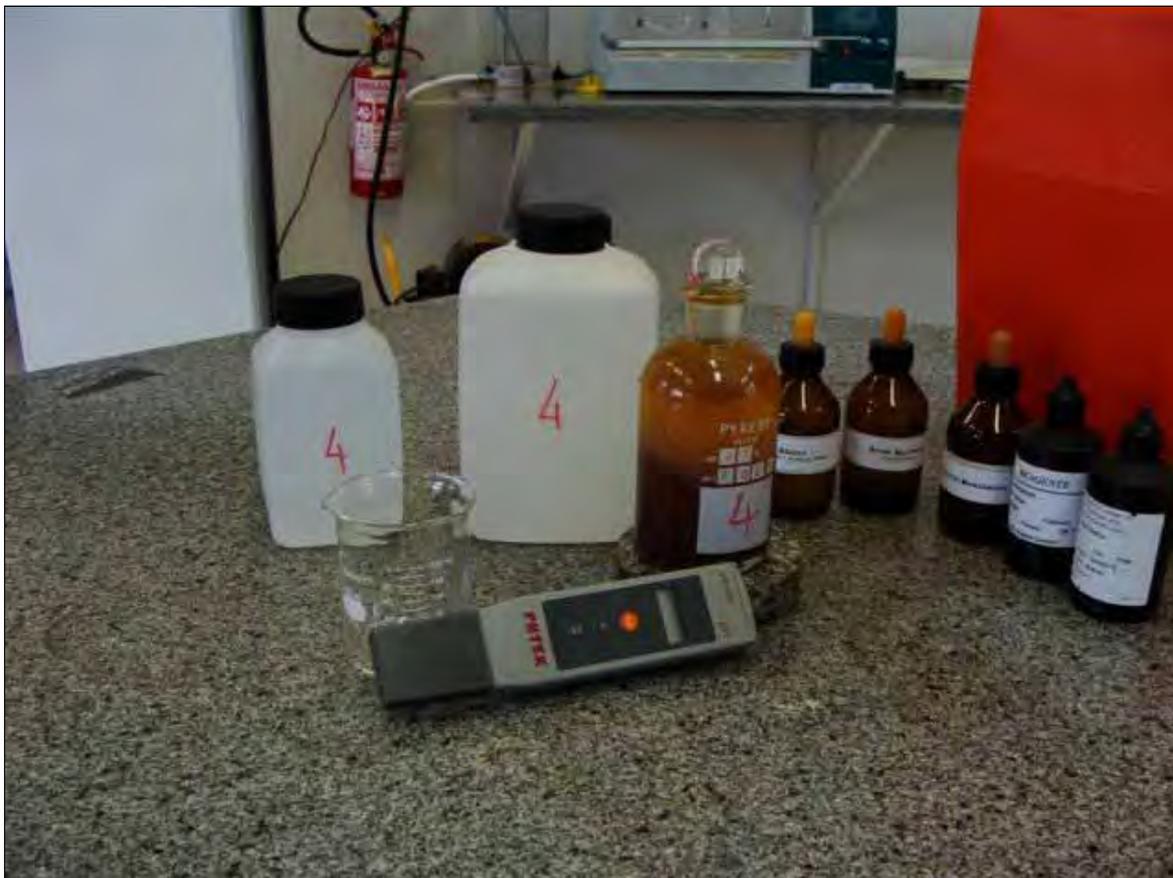


Figura 38 – Frascos utilizados para armazenar as amostras.

43.3.23.6.4. Preservação das amostras

As amostras foram armazenadas em caixas térmicas para manter as condições ideais para a preservação da mesma, conforme Figura 39.



Figura 39 – Frascos e caixa térmica utilizados para armazenamento das amostras.

44.3.2 3.6.5. Amostragem de oxigênio dissolvido

Para fixação do OD foram adicionados dois reagentes, sendo eles o sulfato manganoso (MnSO_3) e solução alcalina azida sódica. Após a reação ter sido concretizada a amostra foi armazenada em caixa térmica.

45.3.23.6.6. Tempo e transporte das amostras

O tempo de amostragem foi de aproximadamente três horas, para coleta em todos os pontos. O transporte foi realizado por meio de automóvel com ar condicionado, visando-se preservar ao máximo as amostras coletadas, sendo, em seguida, encaminhadas ao laboratório do LACI para realização dos procedimentos de análises laboratoriais.

46.3.2 3.7. ANÁLISES DE LABORATÓRIO

Os relatórios das análises dos ensaios foram disponibilizados aproximadamente 15 dias após cada coleta.

Os parâmetros de qualidade da água foram avaliados através dos dados das análises laboratoriais com base nos Métodos para as Análises de Águas Potáveis e Residuárias (Standard Methods, 19^o Edição), método de espectrofotometria de absorção atômica, espectrofotometria no visível.

A escolha dos parâmetros analisados foi feita tendo como objetivo o cálculo do IQA, com base em 9 (nove) parâmetros descritos a seguir:

Parâmetros físicos	Método de Determinação
Temperatura (°C)	Leitura do termômetro.
Sólidos suspensos totais (mg/L)	Método Gravimétrico, utilizando-se cápsula de porcelana, disco de microfibras de vidro, balança eletrônica de precisão, estufa a temperatura de 120°C e dessecador Pyrex 200mm.
Parâmetros químicos	Método de Determinação
pH	Por meio de pHmêtro de membrana.
Nitrogênio total (mg/L)	Digestão ácida utilizando-se o espectrômetro de absorção atômica, onde foram determinados os nitritos e nitratos orgânicos e amoniacais formando assim o Nitrogênio Total.
Fósforo total (mg/L)	Método colorimétrico.
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO (mg/L)	Método das diluições, incubado a 20°C por período de 5 dias e determinado pelo método de Winkler modificado.
Oxigênio dissolvido OD (mg/L)	Determinada através do método de Winkler modificado, por meio de titulador eletrométrico.
Parâmetros biológicos	Método de Determinação
Coliformes fecais e totais (NPM/100 ml)	Método do Substrato Enzimático.

Os dados coletados foram dispostos em planilhas eletrônicas de cálculo para geração dos gráficos e figuras necessários à avaliação da qualidade da água.

4. RESULTADOS

Os resultados obtidos através das análises laboratoriais das variáveis químicas, físico-químicas e bacteriológicas estão no Quadro 14. Em se tratando dos padrões definidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, foram discutidos ainda para cada variável, hipóteses de variação em decorrência da sazonalidade nos pontos para um rio classe II.

Identificação	Data	Coliformes (NMP/100 ml)	pH	DBO (mg/L)	N Total (mg/L)	P Total (mg/L)	T (°C) Campo	Turbidez (uT)	STD (mg/L)	OD (mg/L)	OD (% OD)
Ponto	jul-08	4,30E+0	7,12	13,0	4,25	0,12	25	23,6	31	8,5	93,61
Ponto	ago-08	2,40E+0	7,12	3,00	4,2	0,19	25	23,1	31,5	6,5	72,95
Ponto	set-08	4,30E+0	7,03	3,00	6,3	0,21	25	67,8	97	6,5	71,59
Ponto	out-08	2,40E+0	7,03	5,00	6,8	0,25	25	65,4	102	8,2	83,16
Ponto	nov-08	9,30E+0	7,04	3,00	7,62	0,1	25,6	2,3	5,2	7,8	92,64
Ponto	dez-08	4,30E+0	7,18	6,00	3,98	0,71	23,7	16,2	48	7,8	96,06
Ponto	jul-08	2,40E+0	6,04	53,0	17,2	2,1	25	37,27	40	3,6	46,75
Ponto	ago-08	9,30E+0	6,04	3,00	16,8	0,15	25	8,02	45	5,8	62,57
Ponto	set-08	2,40E+0	7,11	3,00	7,4	0,22	25	68,3	86	5,8	63,88
Ponto	out-08	2,40E+0	7,11	3,00	8,2	0,25	25	68,5	78	7	75,51
Ponto	nov-08	9,30E+0	5,8	3,00	9,12	0,08	22,4	2,6	5	8,5	88,08
Ponto	dez-08	4,30E+0	7,22	3,00	7,5	0,15	25	20,5	31	8,5	100,95
Ponto	jul-08	9,30E+0	7,22	43,0	7,5	1,15	24	20,5	31	6,5	80,05
Ponto	ago-08	2,40E+0	7,38	3,00	4,5	0,12	25	19,2	32	7	90,91
Ponto	set-08	2,40E+0	7,38	3,00	4,3	0,09	25	16,2	29	7	72,61
Ponto	out-08	2,40E+0	7,38	3,00	4,3	0,09	25	16,2	29	7	78,56
Ponto	nov-08	4,30E+0	7,22	3,00	6,71	0,02	23,9	11	19	7,8	85,90
Ponto	dez-08	1,50E+0	5,56	8,00	9,33	0,32	24,1	99,3	285,5	7,8	80,91
Ponto	jul-08	4,30E+0	7,38	55,0	17,56	3,3	25	16,2	369,0	5,9	64,98
Ponto	ago-08	9,30E+0	7,22	76,0	31,80	5,1	25	28,5	294,0	5,5	59,33
Ponto	set-08	2,40E+0	7,15	75,0	32	3,2	24,1	27	367	5,5	59,27
Ponto	out-08	2,40E+0	7,2	68,0	53,7	1,56	24,1	27	458	3,2	41,56
Ponto	nov-08	9,30E+0	7,34	43,0	50,4	3,86	24	12	571	4,1	50,49
Ponto	dez-08	2,40E+0	7,25	25,0	25,16	5,6	24	16	392	3,9	50,65
Ponto	jul-08	9,30E+0	7,47	38,0	5,88	1,58	25	12,0	706,0	2,9	32,55
Ponto	ago-08	2,40E+0	8,6	44,0	34,34	0,7	25	23,3	731,0	5,4	59,47
Ponto	set-08	2,40E+0	7,98	24,0	6,03	0,2	25	15,3	690	6,6	68,46
Ponto	out-08	9,30E+0	7,64	12,0	22,3	0,25	23,9	16,3	790	4	49,26
Ponto	nov-08	4,30E+0	7,62	19,0	15,5	0,97	25	73,4	941	5,5	67,73
Ponto	dez-08	2,40E+0	7,32	8,00	18,67	4,6	25	53,7	449	5,5	71,43
Ponto	jul-08	4,30E+0	7,03	4,00	11,4	0,46	25	29,8	143	6,6	81,28
Ponto	ago-08	4,30E+0	7,03	6,00	16,64	3,8	25	28,3	181	6,4	83,12
Ponto	set-08	4,30E+0	7,12	25,0	11,84	1,4	25	3,09	259,0	5,3	57,17
Ponto	out-08	4,30E+0	7,12	13,0	6,12	0,85	25	20,4	289	4,8	48,68
Ponto	nov-08	1,50E+0	7,24	5,00	30,2	0,66	23,9	79,8	261	6,5	80,05
Ponto	dez-08	9,30E+0	7,11	3,00	7,4	0,22	25	68,3	86	7,2	77,67
Ponto	jul-08	2,40E+0	7,11	8,00	4,4	0,12	25	8,3	16	11,6	127,75
Ponto	ago-08	9,30E+0	7,11	3,00	8,4	0,27	25	75,3	105	8,6	92,77
Ponto	set-08	9,30E+0	6,04	3,00	17,2	0,1	25	7,27	40	8,6	87,22
Ponto	out-08	2,40E+0	6,04	3,00	17,2	0,1	25	7,27	40	8,6	107,90
Ponto	nov-08	2,40E+0	7,25	3,00	10,34	1,83	23,9	11	45	7,1	87,44
Ponto	dez-08	2,30E+0	6,92	3,00	3,74	0,01	24,1	2,7	4	7,1	93,79

Quadro 14 – Resultados obtidos das análises laboratoriais dos parâmetros da água.

47.3.2.4.1. ESTATÍSTICA EXPLORATÓRIA E TEMPORAL

48.3.2.4.1.1. Turbidez

O limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para rios de classe II, é de até 100 uT

A Figura 34 descreve as variações ao longo do período das coletas, com valores mínimos registrados no período de estiagem (entre os meses de julho e outubro), e máximos, no período das chuvas.

Observou-se que os pontos 1 e 2 seguiram a mesma curva para turbidez, não ultrapassando o valor limite. Isso acontece porque os dois pontos estão próximos e localizados numa mesma área. A curva do ponto 3 mostra que a turbidez manteve-se, em boa parte do tempo, baixa, ao longo do período estudado. Porém, em algumas amostras foram encontrados valores maiores que 100 uT de turbidez. Este fato acontece devido à existência de fatores que influenciaram a estabilidade do manancial variando seu valor de 16,2 a 99,3 uT, ficando, ainda, abaixo do limite que estabelecido por lei.

Com relação ao ponto 4, seus valores ficaram entre 12 e 28,5 uT, portanto abaixo de 100 NUT. Pode-se observar que se trata da menor variação de turbidez na área estudada. No caso do ponto 5, os valores variaram de 12 a 73,4 uT, demonstrando que somente no período de chuva houve acréscimo na variável, não ultrapassando no entanto, o limite legal. No caso do ponto 6, os valores variaram de 3,09 a 79,8 uT, demonstrando que somente no período de chuva houve um acréscimo na variável, embora sem ultrapassar o limite aceito. O ponto 7 teve seus valores variando de 2,7 a 75,3 uT.

Figura 40 – Valores de Turbidez (UT) obtidos nos pontos estudados na microbacia hidrográfica do Córrego Campestre em , Lins -SP, no período de julho a dezembro de 2008

1.2. Temperatura da água

O limite estabelecido para temperatura da água de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05 para rios de classe II, é de até 40 °C.

Assim, na Figura 41 são mostradas as variações com os valores mínimos registrados no período de estiagem (junho a setembro), e temperaturas máximas na época de chuvas (outubro a dezembro). Como pode ser observado não houve muita variação de valores, mostrando que as amostras seguiram um padrão.

Figura 41 - Valores para Temperatura (°C) obtidos nos pontos estudados na microbacia hidrográfica do Córrego Campestre em, Lins-SP, no período de julho a dezembro de 2008.

No ponto 1, a temperatura mínima da água foi de 23,7 °C, a máxima de 25,6 °C e a mediana de 25 °C. No ponto 2, registrou-se a mínima de 22,4 °C e a máxima de 25 °C, com uma média de 25 °C. No ponto 3, a temperatura da água ficou entre 23,9 °C e 25 °C e a média alcançou 24,5 °C. No ponto 4, a temperatura mínima da água foi de 24 °C, a máxima de 25 °C e a média de 24,1 °C. No ponto 5,6 e 7 a temperatura da água ficou entre 23,9 °C e 25 °C e a média alcançou 25 °C. Todos os resultados obtidos estão dentro do estabelecido pela legislação para rios de classe II

1.3. Potencial hidrogeniônico (pH)

O parâmetro pH, em rios de classe II deve estar entre um mínimo de 6 e máximo de 9.

Observa-se que a variação do pH ocorreu em todos os pontos com a mesma intensidade, conforme Figura 42.

Figura 42 – Valores para o pH obtidos nos pontos estudados na microbacia hidrográfica do Córrego Campestre em , Lins -SP, no período de julho a dezembro de 2008.

Com relação aos valores de pH, os seguintes valores foram registrados: no ponto 1, uma faixa de variação entre 7,03 e 7,18, com uma mediana de 7,08. O ponto 2 apresentou variações entre 5,8 e 7,22, sendo a mediana de 6,57. Quanto ao ponto 3, o pH mínimo registrado foi de 5,56, elevando-se até 7,38, que foi o maior índice observado entre todos os pontos, como pode ser observado pela Figura 30, sendo a mediana de 7,3. O ponto 4, mostrou uma variação entre 7,2 e 7,38 com uma mediana de 7,23. O ponto 5, mostrou uma faixa de variação entre 7,32 e 8,6, com uma mediana de 7,63. O ponto 6 demonstrou variações entre 7,03 e 7,24, sendo a mediana de 7,11. Terminando, o ponto 7 variou entre 6,04 e 7,25 com média de 7,01.

49.3.24.1.4. Sólidos totais (ST)

O limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para os sólidos totais num rio de classe II não deverá ultrapassar 500 mg/L.

Os valores de concentração dos sólidos totais podem ser observados na Figura 43, com valores levemente maiores no período de chuvas e menores no período de seca.

Figura 43 – Valores dos Sólidos totais (mg/L) obtidos nos pontos estudados na microbacia hidrográfica do Córrego Campestre em Lins-SP, no período de julho a dezembro de 2008.

Verifica-se que em todos os pontos de amostragem houve variações significativas durante o período de coleta. Os pontos 1, 2, 3 e 7 tiveram pouca incidência de

sólidos dissolvidos na água durante todas as coletas. Este fato ocorre pela localização de cada ponto, onde ocorreu pouco despejo de esgoto, ou pela grande quantidade de água para dissolver os sólidos presentes. Cada ponto teve variação de 5,2 a 10,2 mg/L, 5 a 86 mg/L, 9 a 285,5 mg/L e 4 a 105 mg/L, com medianas de 39,75 mg/L, 42,5 mg/L, 30 mg/L e 40 mg/L, respectivamente. Assim no ponto 4, a quantidade de sólidos totais dissolvidos foi maior que nos pontos anteriores. Somente em uma das coletas o valor ficou acima do limite, decaindo logo em seguida. A ocorrência deste fato se deu provavelmente pelo início do período chuvoso. Os valores variaram entre 367 e 571 mg/L, com mediana de 380,5 mg/L. O ponto 5 registrou os maiores valores de sólidos variando entre 449 e 941 mg/L, com mediana de 718,5 mg/L, onde pela Resolução CONAMA nº 357/05, estão fora dos padrões estabelecidos. Finalmente, a curva do ponto 6 ilustra o aumento da quantidade de sólidos totais ao longo do córrego Campestre, decaindo seus valores na estação chuvosa do ano, onde diminui a concentração do mesmo e sua mediana fica 220 mg/L.

1.5. Oxigênio dissolvido (OD)

A Figura 44 mostra a variação temporal dos valores de oxigênio dissolvido nos pontos 1 a 7, onde são visíveis as alterações entre os valores nos períodos de seca e chuva.

Figura 44 – Valores de OD (mg/L) obtidos nos pontos estudados na microbacia hidrográfica do Córrego Campestre em , Lins -SP, no período de julho a dezembro de 2008

No mês de julho, com exceção dos pontos 2 e 5, os valores das concentrações de OD na água, obedeceram os padrões colocados pelo CONAMA. No geral, os pontos 1, 3, e 7 respeitaram os limites se mantendo nas quantidades adequadas para sobrevivência do corpo d'água. Os pontos 1 e 3, variaram entre 6,5 a 8,5 mg/L e 6,5 a 7,8 mg/L, apresentando medianas de 7,8 e 7 mg/L, respectivamente. Assim o ponto 7 foi o que apresentou os maiores valores para concentração de OD, mostrando boa qualidade da água nas amostragens realizadas, cujos valores variaram entre 7,11 e 11,6 mg/L, com mediana de 8,6 mg/L. Os pontos 4 e 5 apresentaram os menores valores de OD durante o período estudado. Variaram entre 3,2 a 5,9 mg/L e 2,9 a 6,6 mg/L, com mediana de 4,8 e 5,45 mg/L,

respectivamente. Isto ocorreu principalmente devido à localização desses pontos, onde há maior quantidade de despejos de esgoto no córrego. O ponto 6 também decaiu até o mês de outubro, porém, depois volta a se enquadrar nos limites estabelecidos pela legislação. Esta variação ocorreu acompanhando a variação do clima, ficando entre 4,8 e 7,2 mg/L e sua mediana igual a 6,45 mg/L.

50.3.2 4.1.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Figura 45 mostra as variações dos valores de DBO, que se apresentam fora dos limites nos períodos estudados. São visíveis os valores elevados em praticamente todos os pontos.

Figura 45 – Valores de DBO (mg/L) obtidos nos pontos estudados na microbacia hidrográfica do Córrego Campestre em , Lins -SP, no período de julho a dezembro de 2008

A partir das informações adquiridas com as coletas de água nos pontos escolhidos, nota-se que os pontos 1, 2, 3 e 7 foram os que apresentaram os melhores resultados em relação ao limite estabelecido para DBO pelo CONAMA, apesar de ultrapassarem esse padrão em algumas coletas. Mas, os valores encontraram-se dentro dos padrões pelas análises de suas medianas e variaram entre 3 e 13 mg/L, 3 e 53 mg/L, 3 e 43 mg/L e 3 e 8 mg/L, com medianas de 4, 3, 3 e 3 mg/L, respectivamente. Assim os pontos 4 e 5, apresentaram, de acordo com o gráfico da figura acima, as maiores concentrações de DBO, as quais estão muito provavelmente relacionadas com a localização dos pontos e a alta quantidade de esgoto despejado nessa área, sendo os valores medianos de 57 e 24,17 mg/L, com medianas de 61,5 e 21,5 mg/L. O ponto 6 teve um aumento na concentração no mês de setembro e logo após decaiu até o mês de dezembro. Os valores variaram de 3 a 25 mg/L tendo seu pico em 25 mg/L e sua mediana em 5,5 mg/L.

51.3.2 4.1.7. Nitrogênio total (N_T)

Na Figura 46 nota-se variação de nitrogênio total nos seis pontos estudados, ao longo das análises, o que caracteriza a ocorrência de picos de variação de forma irregular. Esse tipo de ocorrência deve-se ao lançamento de detergentes

Figura 46 – Valores de Nitrogênio Total (mg/L) obtidos nos pontos estudados na microbacia hidrográfica do Córrego Campestre em , Lins -SP, no período de julho a dezembro de 2008

Todos os pontos registraram valores superiores aos limites estabelecidos pela legislação. Essa situação acontece devido ao lançamento de detergentes diretamente no Córrego e o transporte de fertilizantes e adubos do solo sem conservação adequada, durante as chuvas. Entretanto, pode-se notar que as concentrações nos pontos 1, 3 e 7 são as menores, isto é, antes da deposição acentuada de efluentes e depois que passa pelo tratamento químico de esgoto na Estação de Tratamento de Esgoto da cidade. Assim, os valores ficam entre 3,98 e 7,62 mg/L, 4,3 e 9,33 mg/L e 3,74 e 17,2 mg/L com medianas de 5,27, 5,6 e 9,37 mg/L, respectivamente. Os pontos 4 e 5 continuam apresentando as maiores concentrações de nitrogênio, sendo suas medianas 31,9 e 17,08 mg/L, respectivamente, reforçando a conclusão de que a localização dos pontos está onde há maior quantidade de despejos de esgotos ou é o local que mais concentra essa poluição. Os pontos 2 e 6 mantêm variações aproximadas, sendo que o ponto 6 tem concentrações maiores que o ponto 2, os quais são respectivamente, 7,4 a 17,2 e 6,12 a 30,2 mg/L, com medianas 8,66 e 11,62 mg/L.

52.3.2 4.1.8. Fósforo total (P_T)

A alteração do fósforo deu-se de forma que todos os pontos variassem com a mesma intensidade, conforme Figura 47, com menores variações no período de seca.

Figura 47 – Valores de Fósforo Total.(mg/L) obtidos nos pontos estudados na microbacia hidrográfica do Córrego Campestre em , Lins -SP, no período de julho a dezembro de 2008

Analisando a Figura 47, observa-se que os pontos 1, 3 e 7 alcançaram os limites estabelecidos para se enquadrar na Resolução CONAMA citada acima. Eles variaram de 0,1 a 0,71 mg/L, 0,02 a 1,15 mg/L e 0,01 a 1,83 mg/L, respectivamente, com medianas 0,2, 0,1 e 0,11 mg/L. Já o ponto 4, foi o que mais ultrapassou os padrões, variando entre 3,2 a 5,1 mg/L com mediana 3,58 mg/L.

Os pontos 5 e 6 variaram bastante de 0,2 a 4,6 mg/L e 0,22 a 3,8 mg/L respectivamente, também não alcançando os limites da legislação. Apresentam como medianas os valores 0,83 e 0,75 mg/L.

53.3.2 4.1.9. Coliformes fecais

O índice de coliformes fecais, conforme pode ser observado pela Figura 48 apresentou picos de variação de acordo com o período, e as maiores concentrações ocorreram nos períodos chuvosos.

O valor para de coliformes fecais, de acordo com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para rios de classe II, não deverá ser maior que 2000 NMP/100 mL.

Figura 48 – Valores de Coliformes Fecais (NMP/100 ml) obtidos nos pontos estudados na microbacia hidrográfica do Córrego Campestre em , Lins -SP, no período de julho a dezembro de 2008

No ponto 1, o número de coliformes fecais variou entre $2,4E+03$ (valor mínimo) a $9,3E+04$ NMP/100 mL (valor máximo), o que equivale a 2.400 e 93.000 NMP/100 mL respectivamente. Esse valor indica que no primeiro ponto amostrado a quantidade de coliformes existentes no corpo hídrico ultrapassa o limite imposto pela Resolução CONAMA. No ponto 2, a variação foi de $2,4E+05$ a $9,30E+06$ NMP/100 mL, quantidade maior que a do ponto anterior. Isto deve ocorrer pelos dejetos que são lançados no rio. O ponto 3 ficou entre $2,4E+04$ e $1,5E+06$ NMP/100 mL; assim, varia entre 24.000 a 1.500.000 NMP/100 mL a dose de coliformes a que o rio é submetido neste ponto. No ponto 4, os valores mínimo e máximo de coliformes fecais variaram entre $2,40E+05$ e $2,4E+06$ NMP/100 mL, com média de $1,22E+06$ NMP/100 mL, isto é, 122.000 NMP/100 mL ultrapassando os valores limites para a classificação do rio. No ponto 5, a variação foi de $2,4E+05$ a $9,3E+06$ NMP/100 mL. O ponto 6 variou de $9,3E+03$ e $4,3E+07$ NMP/100 mL, com média de $1,47E+07$ NMP/ 100 mL. Já o ponto 7 variou de 930 a 2.400 NMP/100 mL, com média de 1.890 NMP/100 mL respeitando a legislação vigente.

54.3.2 4.2. **ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)**

Para simplificar a interpretação dos valores relativos ao IQA, os dados foram elencados em quadros para os 7 pontos estudados.

Ponto 1 - Amostras	Data da Coleta	Valores do IQA	Classificação da qualidade da água
1	jul-08	41,1	Aceitável
2	ago-08	46,3	Aceitável
3	set-08	41,6	Aceitável
4	out-08	47,1	Aceitável
5	nov-08	46,5	Aceitável
6	dez-08	38,4	Aceitável

Quadro 15 – Valores calculados do IQA para o ponto 1 (julho a dezembro de 2008).

Ponto 2 - Amostr s	Data da Coleta	Valores do IQA	Classific ação da qualidad e da água
1	jul-08	20,6	Ruim
2	ago-08	36,3	Aceitável
3	set-08	37,3	Aceitável
4	out-08	37,5	Aceitável
5	nov-08	36,1	Aceitável
6	dez-08	39,6	Aceitável

Quadro 16 – Valores calculados do IQA para o ponto 2 (julho a dezembro de 2008).

Ponto 3 - Amostr s	Data da Coleta	Valores do IQA	Classific ação da qualidad e da água
1	jul-08	24,7	Ruim
2	ago-08	46,0	Aceitável
3	set-08	30,5	Ruim
4	out-08	36,4	Aceitável
5	nov-08	43,6	Aceitável
6	dez-08	27,0	Ruim

Quadro 17 – Valores calculados do IQA para o ponto 3 (julho a dezembro de 2008).

Ponto 4 - Amostr as	Data da Coleta	Valores do IQA	Classifica ção da qualidade da água
1	jul-08	18,8	Péssima
2	ago-08	18,3	Péssima
3	set-08	19,6	Ruim
4	out-08	18,9	Péssima
5	nov-08	18,1	Péssima
6	dez-08	19,9	Ruim

Quadro 18 – Valores calculados do IQA para o ponto 4 (julho a dezembro de 2008).

Ponto 5 - Amostras	Data da Coleta	Valores do IQA	Classificação da qualidade e da água
1	jul-08	18,2	Péssima
2	ago-08	20,4	Ruim
3	set-08	25,5	Ruim
4	out-08	21,9	Ruim
5	nov-08	20,5	Ruim
6	dez-08	25,5	Ruim

Quadro 19 – Valores calculados do IQA para o ponto 5 (julho a dezembro de 2008).

Ponto 6 - Amostras	Data da Coleta	Valores do IQA	Classificação da qualidade e da água
1	jul-08	35,2	Ruim
2	ago-08	29,8	Ruim
3	set-08	25,1	Ruim
4	out-08	34,0	Ruim
5	nov-08	29,9	Ruim
6	dez-08	42,7	Aceitável

Quadro 20 – Valores calculados do IQA para o ponto 6 (julho a dezembro de 2008).

Ponto 7 - Amostras	Data da Coleta	Valores do IQA	Classificação da qualidade e da água
1	jul-08	44,6	Aceitável
2	ago-08	50,2	Aceitável
3	set-08	46,6	Aceitável
4	out-08	43,8	Aceitável
5	nov-08	42,2	Aceitável
6	dez-08	47,4	Aceitável

Quadro 21 – Valores calculados do IQA para o ponto 7 (julho a dezembro de 2008).

A partir dos dados dos quadros nos elaborou-se o gráfico mostrado na Figura 49, onde estão representados os valores de IQA calculados para os pontos

analisados. Pode-se observar que os valores oscilaram com indicativo de pior qualidade da água nos dias de chuvas.

Figura 49 – Valores de IQA nos pontos de 1 a 7 (julho a dezembro de 2008).

55.3.2

56.3.2 4.2.1. IQA do ponto 1

Os valores do IQA calculados para o ponto 1 oscilaram sazonalmente, com indicativo de pior qualidade da água no início do período de chuvas, provavelmente pelo aumento na quantidade de água e conseqüente aumento nas concentrações de alguns parâmetros analisados. Porém, todas as coletas realizadas indicaram que a qualidade da água nesse ponto é regular, mas aceitável, assim ainda podem ser utilizadas para o abastecimento público depois de realizados tratamentos físico-químicos e biológicos, e também para a manutenção da biota aquática e produção de alimentos.

A figura 50, ilustra os valores obtidos através do IQA para o ponto 1.

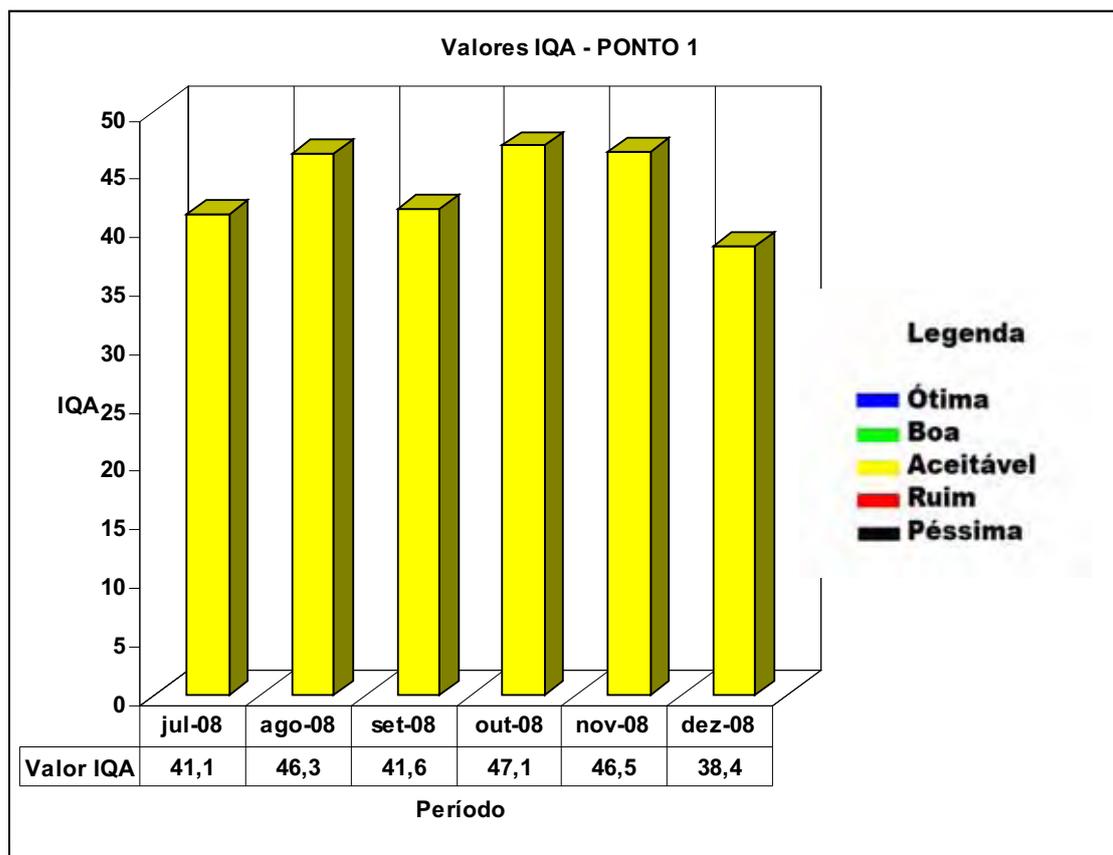


Figura 50 – Valores de IQA calculados para o ponto 1 (julho a dezembro de 2008).

57.3.2

58.3.24.2.2. IQA do ponto 2

A partir da Figura 51, observa-se os valores calculados para o ponto 2. Os valores obtidos foram inferiores aos do ponto 1, entretanto, com exceção do mês de julho, o qual apresentou qualidade ruim, as coletas indicaram qualidade aceitável, igualmente ao anterior.

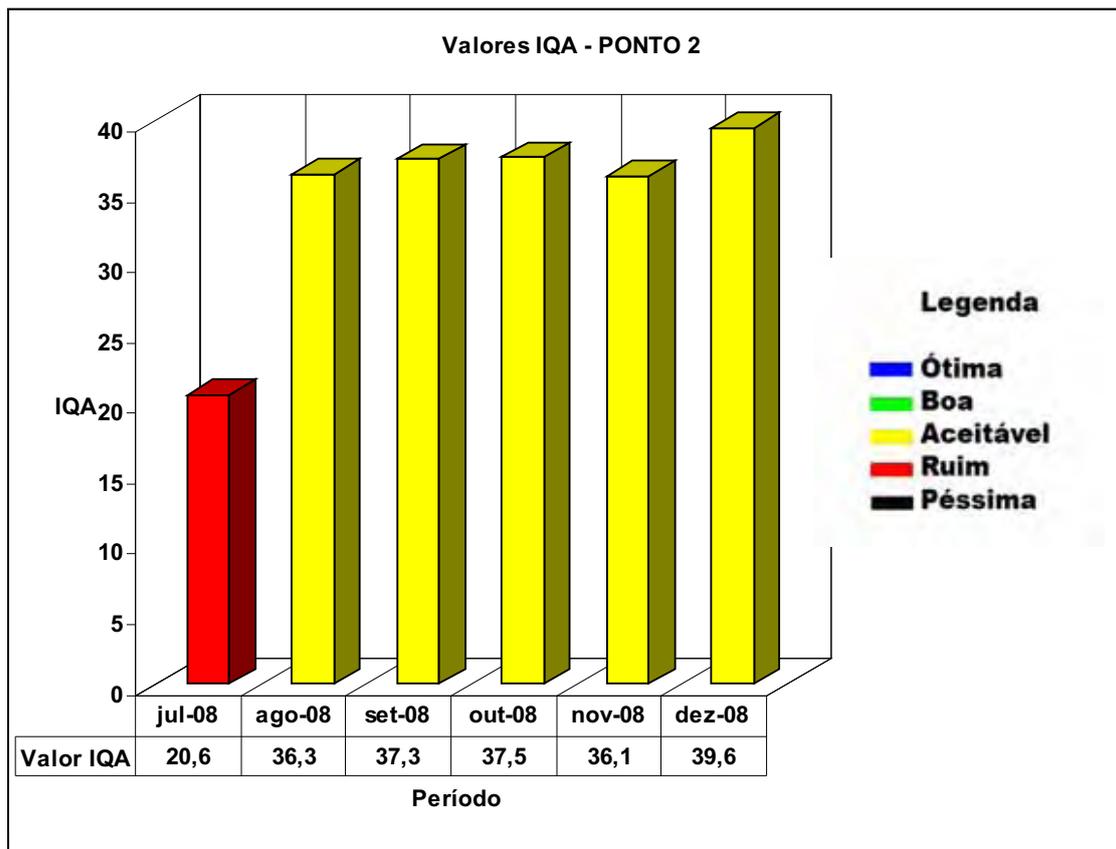


Figura 51 – Valores de IQA calculados para o ponto 2 (julho a dezembro de 2008).

59.3.24.2.3. IQA do ponto 3

Por meio da Figura 52, pode-se notar que a qualidade da água é ainda pior que a anterior. Como as anteriores, os valores oscilaram periodicamente, mostrando baixa qualidade no período de seca, o que ocorre provavelmente pelo lançamento clandestino de esgotos em maior quantidade nesse ponto, diferentemente dos anteriores. Mesmo com algumas amostras indicando qualidade ruim, sendo permitido ser utilizada apenas para navegação e geração de energia (que não é o

caso do rio em questão), outras continuam com qualidade aceitável, podendo ainda ser submetida a tratamento e após, ser utilizada para consumo humano.

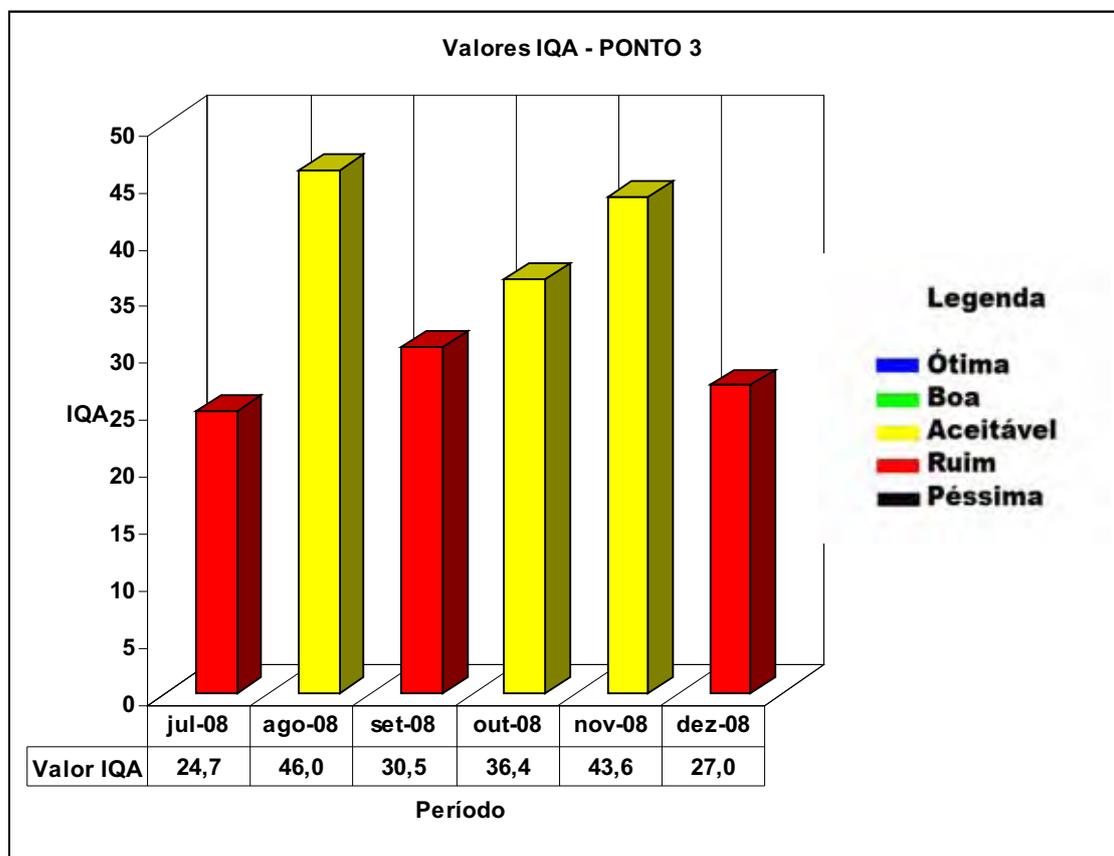


Figura 52 – Valores de IQA calculados para o ponto 3 (julho a dezembro de 2008).

60.3.2

61.3.2

62.3.24.2.4. IQA do ponto 4

A figura 53 traz os valores do IQA calculados para o ponto 4, os quais também oscilaram sazonalmente, entretanto mostraram que a qualidade da água variou de ruim a péssima. Com isso, nesse ponto a água só poderá ser utilizada apenas para navegação e geração de energia, que não é o caso deste córrego. Pode-se notar que os meses em que a água foi considerada péssima foram os do período de seca, com menor quantidade de água nos rios. A má qualidade pode também estar associada à quantidade de despejos de esgoto na área, desse ponto.

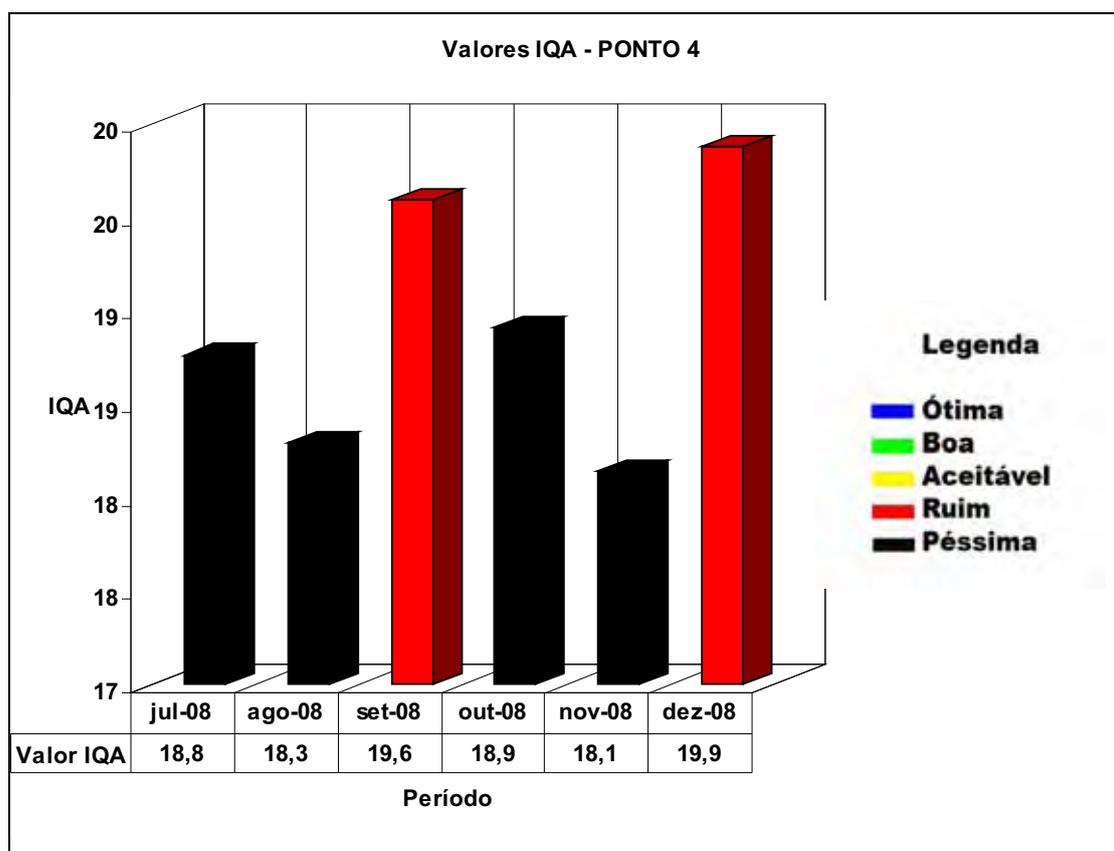


Figura 53 – Valores de IQA calculados para o ponto 4 (julho a dezembro de 2008).

63.3.24.2.5. IQA do ponto 5

Pela Figura 54, observa-se os valores do IQA para o ponto 5. Apesar da qualidade da água do corpo hídrico ainda ser considerada ruim, houve uma melhora, se comparada com o ponto 4. Assim, com exceção do mês de julho, no qual a qualidade foi considerada péssima, ocorreu uma discreta mudança, mas ainda assim a água não pode ser utilizada para consumo humano.

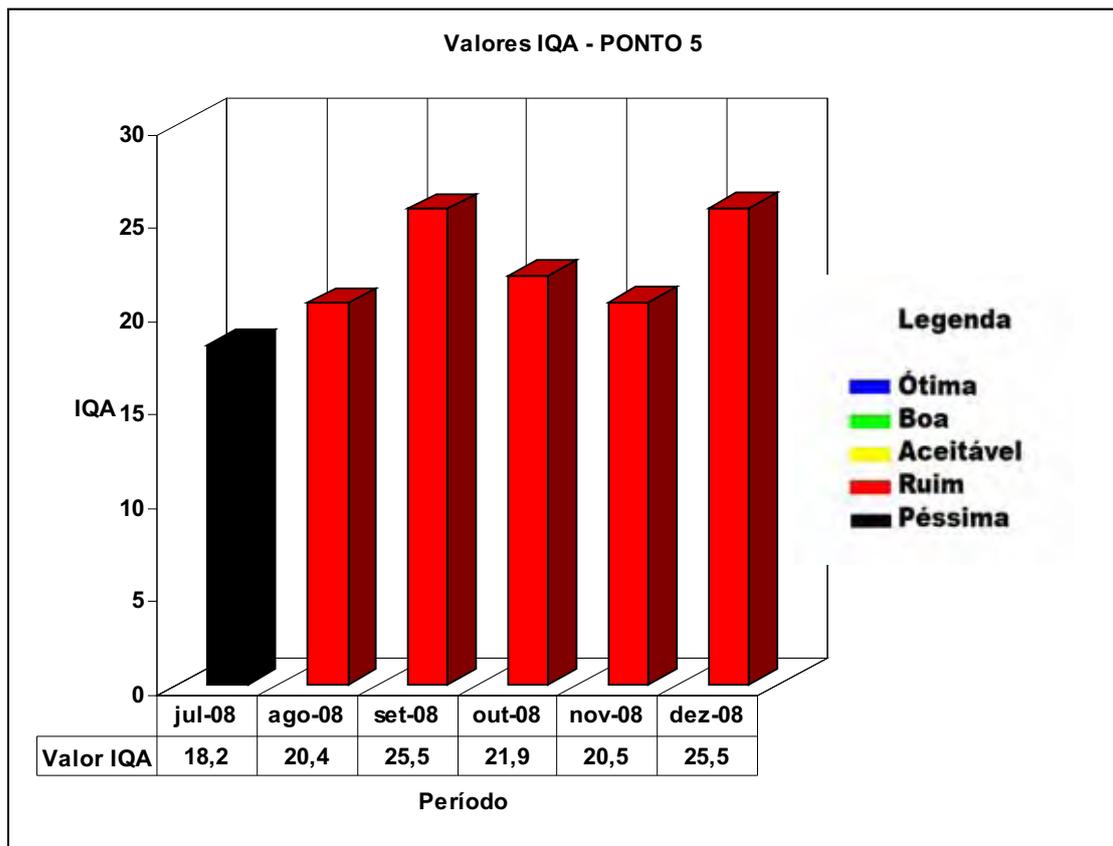


Figura 54 – Valores de IQA calculados para o ponto 5 (julho a dezembro de 2008).

64.3.2

65.3.2

66.3.2

67.3.2

68.3.24.2.6. IQA do ponto 6

Os valores do IQA para o ponto 6 vêm descritos na figura 55. Nota-se uma pequena melhora na qualidade da água no mês de dezembro, voltando a ser considerada aceitável ou regular, isto é, pode ser utilizada para o abastecimento público após serem realizados tratamentos físico-químicos e biológicos, e também para a manutenção da biota aquática e produção de alimentos. Com esse resultado, pode-se apontar uma ligeira melhora significando que o rio pode recuperar suas características anteriores.

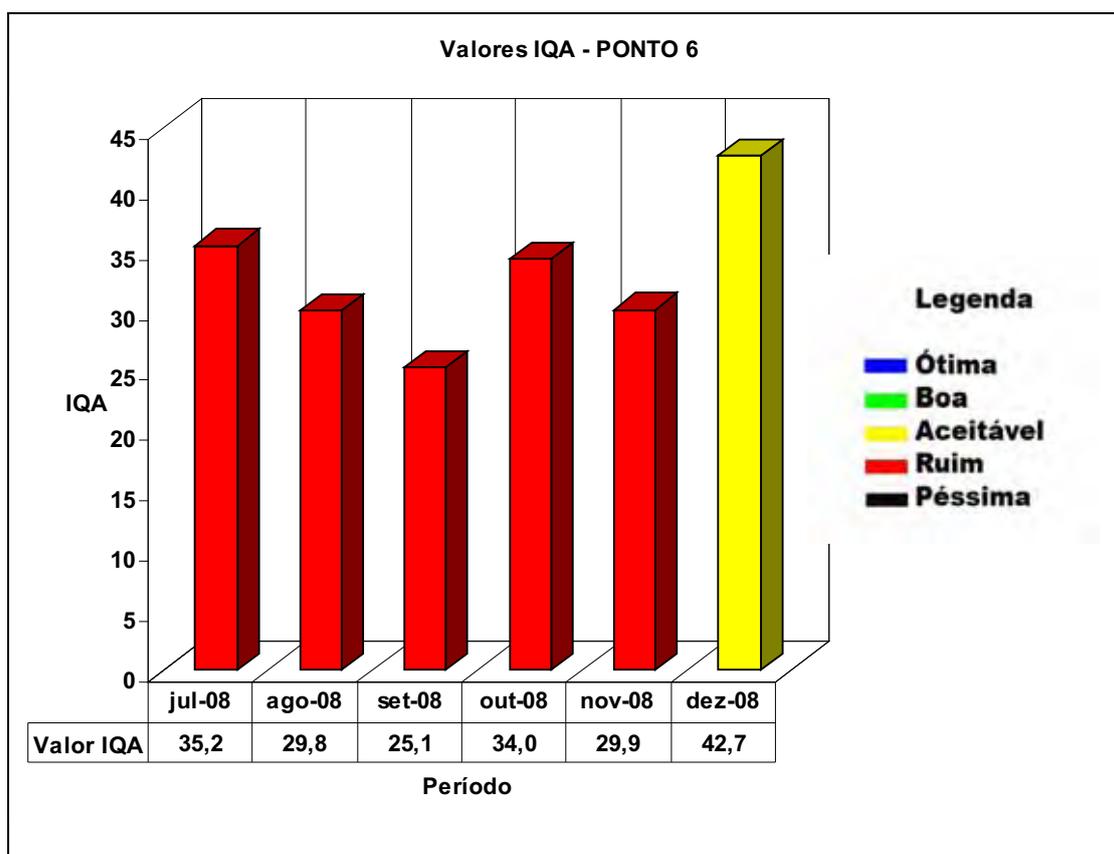


Figura 55 – Valores de IQA calculados para o ponto 6 (julho a dezembro de 2008).

69.3.24.2.7. IQA do ponto 7

A Figura 56 mostra valores do IQA para o ponto 7. Nesse último ponto de coletas de amostras de água, pode-se observar uma melhora na qualidade da água do córrego Campestre, voltando a ser considerada regular. Assim, a partir desse ponto, por não haver nenhuma intervenção ou degradação no leito do rio e em seu entorno, o corpo d'água poderá evoluir mais, o que influenciaria na qualidade da água. Portanto a água se encontra a qualidade aceitável podendo após tratamento ser utilizada pela população, no cultivo de alimentos e conservação da vida aquática.

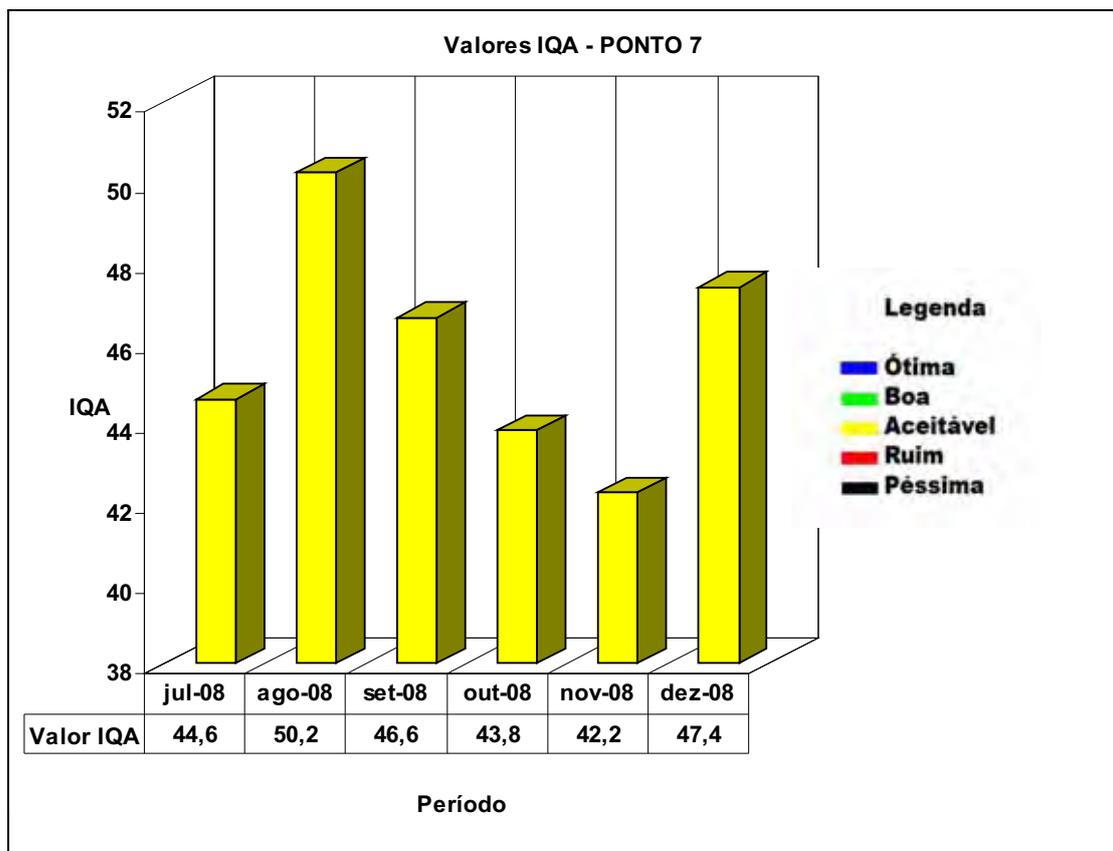


Figura 56 – Valores de IQA calculados para o ponto 7 (julho a dezembro de 2008).

70.3.24.2.8. Média do IQA nos 7 pontos

A Figura 57 apresenta o gráfico da média dos pontos escolhidos e posteriormente analisados. Como se nota, os melhores valores do IQA foram encontrados nos pontos 1 e 7, o que mostra as localidades antes dos despejos de efluentes e aproximadamente 1500 m à jusante do tratamento realizado pela Estação de Tratamento de Esgotos da cidade de Lins, sendo que para o ponto 7 observou-se um resultado melhor que o ponto 1. Para os pontos 2, 3, 5 e 6, que se encontram ao longo do trajeto do rio foram encontrados valores considerados ruins. Isso decorre da quantidade de efluentes derramados ao longo de seu leito e da má conservação das margens do rio, permitindo ainda que materiais sólidos (como

papel, garrafas etc.) escoem para o curso d'água. Assim o ponto 4 foi o que demonstrou ser o mais crítico de toda a pesquisa, pois dentro dos parâmetros analisados para ele, praticamente nenhum enquadrou-se na legislação.

Figura 57 – Valores médios de IQA para os pontos de 1 a 7 (julho a dezembro de 2008).

71.3.24.3. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A confecção do mapa se deu a partir das imagens de satélite, Quick Bird e Spot 5, juntamente com o software SIG-CTGEO para visualizações temáticas das informações. Assim, foi desenvolvido um mapa e apontadas as áreas urbanas, matas ciliares e possíveis fontes de poluição.

Por meio da Figura 58, podem ser observados os seguintes usos do solo na região.

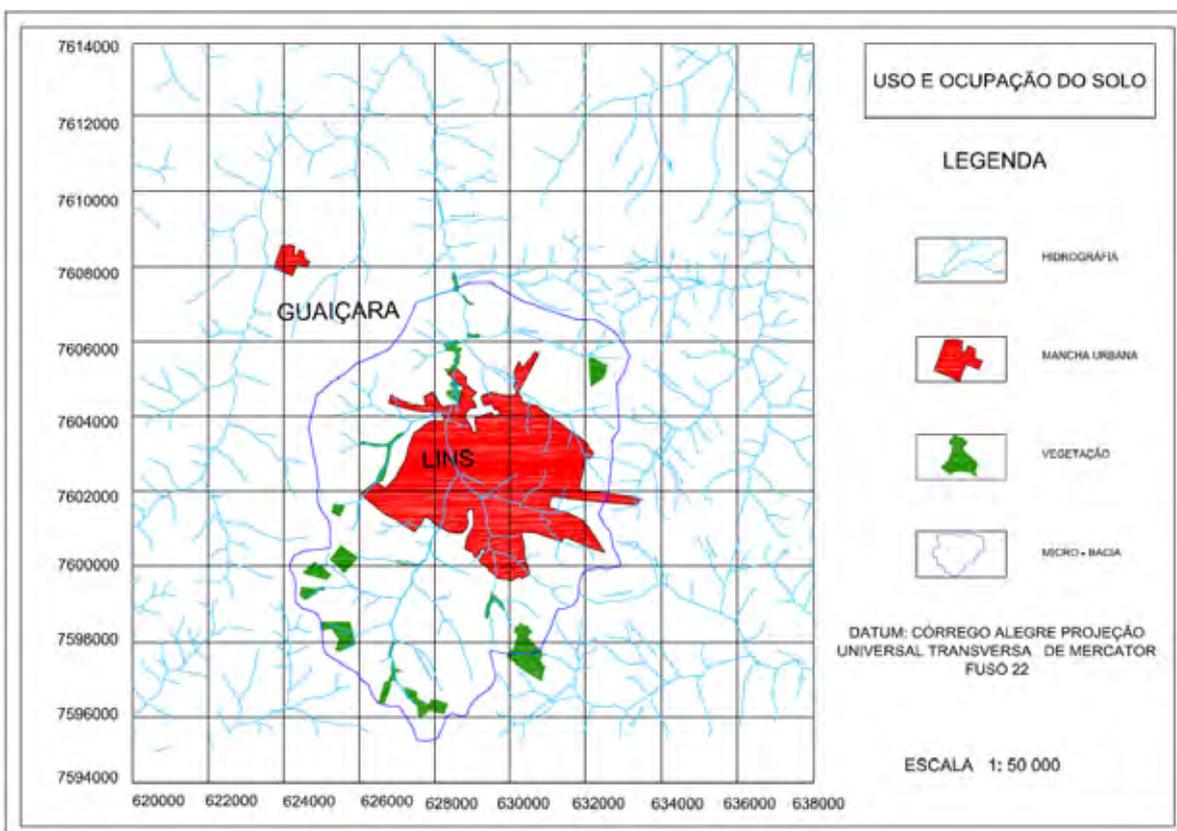


Figura 58 – Uso e ocupação do solo na região de estudo.

72.3.2 5. DISCUSSÃO

A interpretação das análises realizadas em laboratório, avaliação dos pontos de coleta, das imagens e resultados obtidos, permitiram diagnosticar os principais impactos ao meio ambiente, principalmente ao longo do leito do córrego Campestre como também dos riscos à saúde pública causados por tratamento inadequado ao manancial, pela região urbanizada inserida na microbacia.

Os diversos parâmetros considerados mostraram que parte das concentrações encontrava-se superiores e parte inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05. As conseqüências da poluição na microbacia em estudo, podem ser retratadas através da análise dos dados coletados demonstrando assim, o estado de degradação da região.

Segundo Cuelbas (2007) e na pesquisa realizada todos índices baixos encontrados nos valores do IQA da região, se deve ao processo de contaminação resultado de eventuais despejos clandestinos que são lançados diretamente no corpo d'água da bacia sem tratamento, e da falta de práticas de conservação do solo.

73.3.25.1. PARÂMETROS ANALISADOS NOS PONTOS DE COLETA DE ÁGUA

A análise dos parâmetros bem como a interpretação e discussão dos resultados, permitiram avaliar as condições ambientais a partir da determinação da qualidade da água.

74.3.25.1.1. Turbidez

Constatou-se que todos os pontos analisados estiveram de acordo com o padrão de 100 uT, mantendo-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA. Verifica-se também que em todos os pontos ocorreu um aumento na turbidez no período de chuvas.

Isto ocorreu provavelmente devido ao transporte de materiais, maior durante esse período. Nota-se também que os pontos 3, 5, 6 e 7 possuem valores de turbidez mais altos que os pontos 1, 2 e 4. É importante dizer, no entanto, que o ponto 3, por ser um local que não sofre grande influência da região urbanizada, não deveria estar com os valores de turbidez próximos, quando não, mais elevados, que os outros pontos. No caso dos pontos 5, 6 e 7 os valores refletem aquilo que seria esperado, pois são locais que estão situados logo após a região urbanizada.

75.3.25.1.2. Temperatura da água

Em se tratando do limite das concentrações de cada parâmetro estipulado pelo CONAMA nº 357/05, certificou-se que os pontos analisados atenderam ao padrão estabelecido pela Resolução. O gráfico apresentado na Figura 41 ilustra os resultados obtidos nas análises, onde foram observadas variações pouco significativas nos pontos durante as estações, pois mantiveram certo equilíbrio.

Por ser considerada uma região quente, os valores não ajudam muito no cálculo do IQA, uma vez que o “qi” (índice utilizado no cálculo do IQA) depende da temperatura, pois quanto menor o valor, melhor será o parâmetro “qi”.

76.3.25.1.3. Potencial hidrogeniônico (pH)

Os pontos analisados ficaram de acordo com os limites estabelecidos pelo CONAMA nº 357/05, que estão entre 6 e 9. Verifica-se também pela Figura 42, que de modo geral todos os pontos ficaram com mediana próxima de 7, sendo portanto caracterizado como pH neutro. Quando o pH se encontra fora da normalidade, isto é, diferente do neutro, pode comprometer a vida aquática e dos microrganismos responsáveis pela realização do tratamento biológico dos esgotos.

77.3.25.1.4. Sólidos totais (ST)

A análise dos valores medianos de cada ponto, demonstra que somente o ponto 5 ficou acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, e que

as concentrações de sólidos totais deste ponto ficaram acima das concentrações nos outros pontos.

Com relação aos outros resultados, ainda com relação às medianas, nota-se que o ponto 4 também possui um valor elevado de sólidos totais. É interessante salientar, no entanto, que o ponto 5 está localizado após a saída da ETE e que em suas proximidades existe um antigo lixão. Os resultados obtidos indicam, portanto, que pode haver altas concentrações de sólidos totais provenientes desse antigo lixão. Assim, não se pode afirmar que os aumentos de concentração entre os pontos 4 e 5, são causados unicamente pela ETE, pois o lixão também pode ter influenciado nos resultados obtidos no ponto 5.

Em relação aos pontos finais, onde foram feitas as coletas, pode-se constatar que houve uma autodepuração do ponto 6 até chegar ao ponto 7, pois quase todas as análises mostram um decréscimo das concentrações entre esses pontos. Nos pontos 1, 2 e 3 os valores não são tão altos quanto nos outros pontos mantendo-se estáveis em todas as análises.

78.3.25.1.5. Oxigênio dissolvido (OD)

Ocorreram variações nos sete pontos durante o período das análises. Salienta-se também que, o ponto 4, obteve um valor mediano menor que o limite de 5,00 mg/L, definido pela Resolução CONAMA nº 357/05.

Os demais pontos, com relação a mediana, resultaram em valores acima do limite estabelecido, mostrando assim que o córrego, nesses determinados pontos, permitem a sobrevivência da vida aquática, quanto a quantidade de OD presente na água.

79.3.25.1.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Analisando as medianas de cada ponto nota-se que todos os pontos, com exceção do ponto 7, estão em desconformidade com o limite estabelecido pela

Resolução CONAMA nº 357/05. Destaca-se entre eles o ponto 4, no qual o valor é muito elevado em comparação com o limite da Resolução.

Enquanto os pontos 1, 6 e 7 se mantêm com baixa variação durante o período de avaliação, os outros demonstraram efeito marcante das intemperies. Destaca-se ainda mais uma vez o ponto 3, onde houve índices elevadíssimos para as características do local. Percebe-se, porém um processo de autodepuração no decorrer do percurso do córrego, pois no ponto 4 os índices que eram relevantes no ponto 7 foram bastante reduzidos. É interessante lembrar que existem muitos pontos de despejo clandestino na região urbanizada de Lins e isso colabora com a diminuição do oxigênio na água.

80.3.2 5.1.7. Nitrogênio total (N_T)

Pela análise das coletas de água realizadas, nota-se que nenhum ponto está em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/05. Destacam-se os pontos que possuem altas quantidades de nitrogênio total, principalmente no período chuvoso. Neste período as concentrações tiveram aumento considerável, cujos valores ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução. Todos os pontos tiveram variação sazonal em praticamente todo o período de análise. É interessante ressaltar que o ponto 4 manteve valores altíssimos, comparados aos outros pontos, devido à influência da ETE e do antigo lixão na região.

81.3.2 5.1.8. Fósforo total (P_T)

Analisando as medianas de cada ponto nota-se que nenhum está em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/05, apesar de algumas coletas analisadas respeitarem os limites. Os pontos 4, 5, 6 e 7 destacam-se pelas altas quantidades de fósforo total, principalmente no período chuvoso onde a concentração sofreu aumento considerável, cujos valores ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução. Esse aumento no período de chuva é devido ao escoamento, e conseqüentemente, transporte de fósforo proveniente de toda a área rural e urbana da microbacia, chegando até os cursos d'água.

82.3.25.1.9. Coliformes fecais

Analisando-se o ponto 1, que tem maior influência da região urbanizada, há uma grande quantidade de coliformes na água. Isso mostra que há despejo clandestino, principalmente da área rural, pois esse ponto não é alimentado por área urbana. Quanto aos outros pontos fica confirmado que há despejos clandestinos na região urbanizada da microbacia, pois seus valores encontram-se elevados. Assim, no período chuvoso houve um grande salto na concentração de coliformes em todos os pontos, mostrando que houve despejo de grande quantidade de resíduos, seja diretamente nos córregos ou indiretamente nos solos, pois a chuva, através da água infiltrada ou escoada transporta esses resíduos do solo para os córregos. Em todos os pontos, os valores medianos excederam o limite padrão de $1,0E + 03$ NMP/100mL estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05.

83.3.25.2. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

Com base na análise dos valores dos parâmetros definidos no estudo da microbacia do Córrego Campestre, foi possível constatar a sua deterioração em praticamente todo o percurso, com pontos mais degradados onde a influência antrópica é mais acentuada.

Analisando a Figura 57, que traz a média do IQA em todos os pontos, verifica-se que os pontos 1 e 7 são os que apresentam-se com a melhor qualidade de água, sendo classificada como qualidade “Aceitável”. Essa qualidade era esperada, devido ao seu posicionamento, pois o primeiro ponto está localizado antes da região urbanizada, sendo influenciado somente pela região rural. O ponto 7, por sua vez, também apresenta melhora na qualidade da água, visto que, por ser o exutório da microbacia, sofre a influência direta dos outros pontos, que são afetados por descargas orgânicas ou inorgânicas, demonstrando com isso a capacidade de autodepuração do rio.

O ponto 2, foi classificado como “Ruim” após a análise dos resultados, pois os padrões estão fora dos estabelecidos, provavelmente ocasionados pela

intervenção humana na área deste ponto. Junto com ele o ponto 3, 5 e 6 apresentam situação crítica, pois a qualidade média ficou também com a classificação “Ruim”. Isso demonstra que pode haver ocorrência de despejos de esgotos clandestinos diretamente no córrego.

Assim o ponto 4, foi o mais crítico com média de 18 de IQA, apresentou classificação “Péssima”. Este fato está ligado possivelmente a ETE e/ou o antigo lixão que estão interferindo negativamente na sua qualidade, visto que, a região urbana que influencia este ponto é muito pequena para as concentrações encontradas nas análises. Percebe-se que os valores, principalmente desses parâmetros, encontrados neste ponto são inferiores até mesmo ao ponto 7 que é o situado mais a jusante no Córrego Campestre, e que sofre a influência de toda a região urbanizada.

Ainda analisando a Figura 57, os valores de classificação da qualidade da água em todos os pontos caem consideravelmente nos períodos de chuva. Isso ocorre provavelmente, pela ausência de mata ciliar, pois a urbanização ocupa as margens de parte do córrego Campestre. Outra dificuldade encontrada é a falta de conservação do solo ao longo do leito dos rios analisados, pois quando há chuva, as substâncias são carregadas pelas enxurradas até os córregos, após ter passado pelo solo ou pelos setores de captação da região urbanizada.

Conseqüentemente essas substâncias influenciaram diretamente na qualidade da água dos pontos analisados. Por esse motivo, o IQA no período de chuva, foi mais baixo que no período de seca.

84.3.25.3. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

As fontes pontuais de poluição que estão prejudicando a qualidade da água da microbacia do Córrego Campestre geram problemas que são agravados principalmente pela falta de mata ciliar nos cursos d'água e os lançamentos de resíduos diretamente nos córregos. Ao mesmo tempo, o crescente processo de urbanização que avança sobre áreas marginais e a presença do antigo lixão, que está posicionado às margens do Córrego Campestre, prejudicam ainda mais a qualidade da água desta microbacia.

85.3.25.3.1. Mata ciliar

Nota-se que de forma geral, há ausência de mata ciliar no entorno dos Córregos. A Figura 59 mostra que ainda existem, no entanto, regiões com mata ciliar nas margens em todos os córregos da região estudada. Com esta deficiência, toda a região fica degradada em função do carregamento de sedimentos para os Córregos e conseqüente assoreamento dos rios. As matas ciliares na Figura 59 estão representadas pela cor verde claro.

É interessante ressaltar que, a qualidade da água é afetada diretamente pela falta de matas ciliares, principalmente no período chuvoso, onde há carregamento de nutrientes, herbicidas e sedimentos aos cursos d'água, pois segundo Lima e Zakia (2000), as matas ciliares evitam os carregamentos desses componentes diretamente para os mananciais da região.

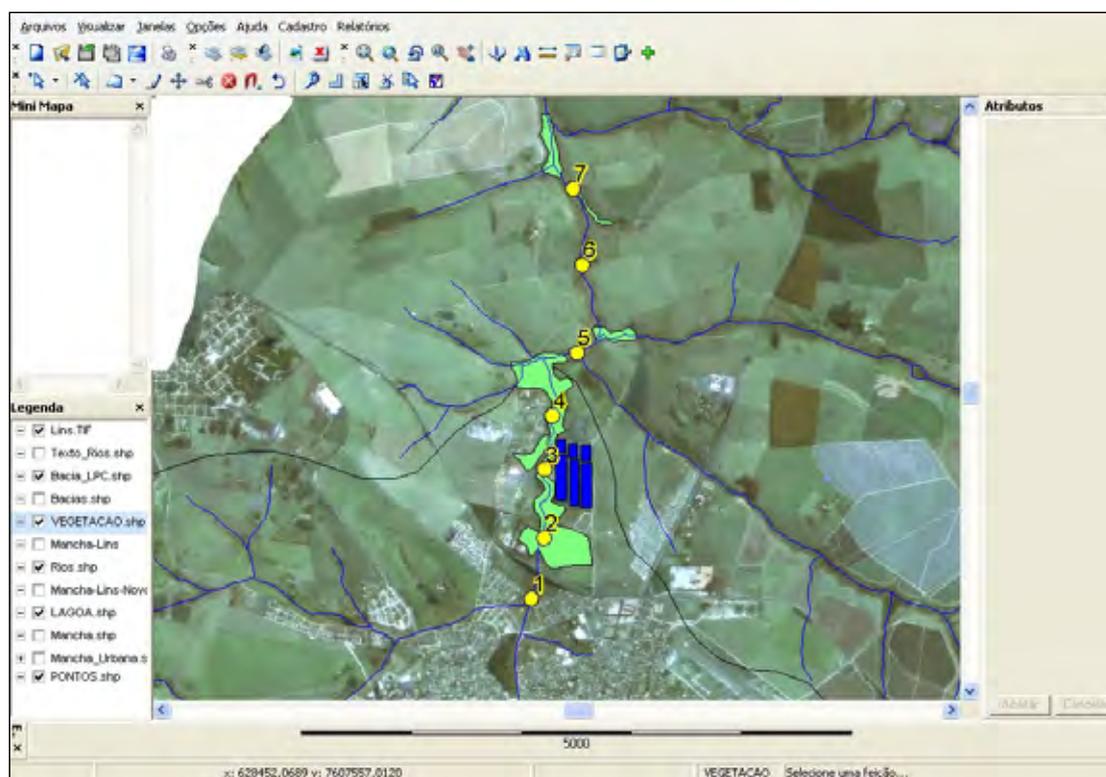


Figura 59 – Mata ciliar nas margens dos córregos da microbacia do Córrego Campestre.

86.3.25.3.2. Antigo Lixão

Verifica-se que ele está localizado as margens do Córrego Campestre, causando poluição, a qual é detectada a partir da análise dos parâmetros calculados no IQA, constatada principalmente no ponto 4 .

Utilizando como base o SIG-CTGEO a foto aérea da região em estudo, por meio do qual foi processada e analisada, conforme Figura 59, percebe-se uma grande região, em que se destaca claramente uma das fontes que podem estar causando poluição.

A região era uma antiga área de despejos de resíduos sólidos da cidade de Lins, onde era lançado todo o lixo coletado na cidade sem nenhum critério de disposição. Hoje, a região encontra-se prejudicada por não haver estudos, projetos e atitudes orientadas para amenizar e identificar o melhor local e melhor forma de disposição dos resíduos diminuindo ao máximo os impactos que o meio ambiente pode vir a sofrer. Por meio das Figuras 60 e 61, observa-se nas margens e subsolo do Córrego Campestre uma enorme fonte de poluição, onde o lixo aparece no solo removido pelas enchentes e se desprende para o rio, pois todos os despejos dos resíduos sólidos da cidade foram lançados e enterrados nas margens desse córrego.



Figura 60 – Antigo lixão mostrando o material se desprendendo.



Figura 61 – O material que se desprende do antigo lixão para o Córrego Campestre.

87.3.2 6. CONCLUSÕES

O diagnóstico do alto grau de degradação em que se encontra a microbacia do Córrego Campestre foi obtido por meio de análises das características físico-químicas e bacteriológicas da água e de constatações sobre o uso indiscriminado dos recursos naturais pelo ser humano. Estas informações requeridas para o cálculo do IQA associadas as conseqüências das ações antrópicas no meio ambiente comprovam a alteração na qualidade da água observada pelas elevadas concentrações de sedimentos, coliformes fecais e nutrientes presentes nas coletas realizadas.

Comparando com dados de IQA de 2006 realizado por Cuelbas (2006), o ponto 4 crítico desta pesquisa está próximo ao ponto quatro da pesquisa de Cuelbas que apresentou o IQA uma condição aceitável, em média de IQA = 30. Já o ponto 5 desta pesquisa apresenta um IQA= 22 e o equivalente em Cuelbas (2006) é ponto 5 e 6 que apresentaram situações críticas.

Faz-se necessário mostrar que o processo de urbanização desenfreado ao longo dos anos na região estudada, é um problema que colabora muito para os índices superiores de poluição ao longo do leito do Córrego em questão, comprometendo de forma agressiva a qualidade de suas águas. Com isso, o número das fontes de poluição pontual e difusa conhecidas decorre, parcialmente, da ocupação urbana, que abrange 25% da microbacia.

Os índices considerados inferiores que foram encontrados nos valores do IQA da região ocorrem devido ao processo de contaminação decorrente dos efluentes clandestinos lançados diretamente no corpo hídrico sem nenhum tratamento, e da ausência da conservação do solo. Como exemplo tem-se o antigo lixão, localizado próximo das margens do Córrego Campestre, que continua contribuindo para poluição do local. Verificou-se também que nenhum manejo está sendo aplicado na região próxima ao ponto 4, onde está localizado o antigo lixão. Por meio do cálculo do IQA neste ponto, constatou-se a queda no índice da qualidade da água, explicado pela incidência das águas pluviais que carregam

resíduos para o Córrego Campestre. Por outro lado, as fontes difusas são observadas nas localidades com menor urbanização, onde predomina a presença de chácaras com suas atividades rurais. O ponto 7, situado na região rural demonstra, a partir dos parâmetros analisados, que a área encontra-se em condições melhores que as posteriores.

Para tanto, a qualidade da água não se evidencia apenas por suas características físico-químicas e bacteriológicas, mas pela qualidade de todo um ecossistema que envolve esse recurso hídrico, que mantém o equilíbrio ambiental.

No município de Lins existem projetos de educação ambiental que visam a melhoria das margens dos rios, tais como, Bosques Urbanos, Reflorestamento de APPs, Projeto Hortas, Patrulha Agrícola, Flora Tietê, Programa Melhor Caminho, Programa de Aquisição de Alimentos, Trilha Ecológica do Barbosinha, Biblioteca Ambiental, Centro de Educação Ambiental, Viveiro de Mudas, citados no Plano de Bacia Hidrográfica do Tiete/Batalha (CETEC, 2008), onde o município de Lins e o córrego Campestre estão inseridos.

A autodepuração em um corpo de água depende do tipo de rejeito que ele recebe, do solo em seu leito, da turbulência de suas águas e o parâmetro mais importante a ser estudado é a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) nas águas e, indiretamente, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e para esse trabalho, foi utilizado o IQA.

Analisando os valores de OD, DBO e o IQA, a capacidade de autodepuração do Córrego Campestre é aceitável. Depende da disponibilidade de oxigênio e das possibilidades de sua obtenção. Por isso, as cargas orgânicas recebidas pelo córrego em relação ao suprimento de oxigênio, foram excessivas, o que resultou em más condições no trecho onde está localizado o ponto 3.

A preservação de um rio pode ser realizada de duas maneiras fundamentais: através da eliminação ou redução dos fatores que determinam a poluição de suas

águas ou através da intensificação da sua capacidade natural de autodepuração, frequentemente considerada pelo fornecimento de oxigênio.

A eliminação dos fatores que causam a poluição é realizada principalmente através do tratamento dos esgotos domiciliares e dos resíduos industriais. Uma forma de auxiliar e intensificar o processo de autodepuração é regularizar a vazão do rio, e em casos especiais elevando-lhe a turbulência.

88.3.2 7. RECOMENDAÇÕES

Baseado nas informações e nos resultados obtidos com a avaliação dos dados do presente trabalho foram propostas algumas sugestões buscando melhorar as condições ambientais e antrópicas na microbacia do Córrego Campestre:

1. Realizar estudos e projetos para solucionar os problemas relacionados com a disposição dos resíduos sólidos, em especial, do antigo lixão, para minimizar a poluição do Córrego Campestre no ponto 5, principalmente, e nos demais pontos;
2. Criar programas para incentivar a recuperação das matas ciliares nas margens de todos os córregos na microbacia do Córrego Campestre, para dessa forma, diminuir o carregamento de materiais para os rios, principalmente nos períodos de chuva;
3. Elaborar um estudo ambiental das possíveis fontes pontuais de poluição, buscando evitar a disposição clandestina de efluentes diretamente nos cursos d'água, propondo medidas para solucionar o problema;
4. Realizar Estudo de Drenagem urbana e rural do Município de Lins.
5. Discutir sobre a importância das interações dos vários setores: de saneamento básico, de saúde e de educação. A qualidade da água é um dos assuntos prioritários na vida do ser humano;

89.3.2 8. BIBLIOGRAFIA

AB`SABER, A. N. **O Suporte Geoecológico das Florestas Beiradeiras (Ciliares)**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.) *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 2000. p.15-34.

AISSE, M.M. **Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2000, p. 28-29.

AMBIENTE BRASIL. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.org.br>>. Acesso em 10 mai.2005.

AMORIM, D. A. **Levantamento de Áreas Degradadas da Bacia do Alto do Rio Jacaré-Guaçu: propostas para recuperação**. São Carlos, 1997. 121p. Dissertação de Mestrado - EESC/CRHEA, Universidade de São Paulo.

APHA – American Public Health Association, AWWA – América Water Works Association, WPCF – Water Pollution Control Federation. **Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19a ed. Washington, DC, USA: ed. APHA, 1995.

ARAÚJO, G. H. S; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005. 320 p.

BATALHA, B. L.; PARLATORE, A. C. **Controle da Qualidade da Água para o consumo Humano: Bases conceituais e operacionais**. São Paulo: CETESB, 1977. 198p.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 1a ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRANCO, S.M. A água e o homem. In PORTO, R.L.L.; BRANCO, S.M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R.M.; EIGER, S.; LUCA, S.J. de; NOGUEIRA, V. De P.Q.; PORTO, M.F. do A. **Hidrologia ambiental**. Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. v3. 1991. 414p.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 2.ed. São Paulo: Editora CETESB, 1983.

BRANCO, S. M. **Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas**. São Paulo: Cetesb, Editora Edgard Blücher Ltda., 1977. 185p.

BRANCO, S.M; A A. ROCHA. **Noção de ecossistema. Poluição das águas: compostos resistentes a biodegradação**. 1ed. São Carlos: CETESB/ABES/BNH, 1976, p. AB15/AB-25. In: BRANCO, S.M. (Ed.). *Ecologia aplicada*. São Carlos: CETESB/ABES/BNH, 1976.

BUSTOS, M. R. L. A. **Educação ambiental sob a ótica da gestão de recursos hídricos**. São Paulo, 2003. 186p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CAIADO, M.A.C. **Desenvolvimento regional e qualidade das águas da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 13ed. Belo Horizonte: Anais/ABRH, 1999.

CALADO, A. Curso de Saneamento Ambiental. Cap. 5 – Auto-Depuração e Eutrofização. Rio Grande do Norte. CEFET, 2008.

CALIJURI, M. C., OLIVEIRA, R. Manejo da qualidade da água: uma abordagem metodológica. In: CASTRO, R. et. al. **Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégicas**. 1ª Edição. São Carlos: EESC–USP, 2000. Volume 1, capítulo 1, p. 39-58.

CAMPOS, J.R. O saneamento básico no Brasil. São Carlos: EESC-USP, 2000, p.7-25, 2000. In: CASTELLANO, E.G.; F.H. CHAUDRY (Eds.). **Desenvolvimento sustentável: problemas e estratégicas**. São Carlos: EESC-USP, 2000.

CARVALHO, N de O.; FILIZOLA JUNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C. dos; LIMA, J. E. W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL / Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 132p.

CETEC – CENTRO TECNOLÓGICO DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO. **Plano de Bacia Hidrográfica do Tiete/Batalha**. Lins: CETEC, 2008. 460pg.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Ciclo das Águas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em janeiro de 2005.

CETESB – COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2001**. São Paulo: CETESB, 2002. 277p. v.1. (Série Relatórios/Secretaria de Estado do Meio Ambiente).

CETESB – COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2002**. São Paulo: CETESB, 2003. 264p.

CETESB – COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2003**. São Paulo: CETESB, 2004. 264p.

CETESB - COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE. **Projeto entre Serras e Águas**.

Relatório de Qualidade Ambiental – Caderno de Subsídios n. 04. São Paulo: CETESB, Takano Gráfica e Editora, 1998. 128p. il.

CETESB. **Água subterrânea e poços tubulares**. 3ed. São Paulo: CETESB, 1978.

CUELBAS, L. P. Monitoramento e avaliação da qualidade da água na microbacia do córrego campestre no Município de Lins - SP. 2007, 132p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

CUNHA, S. B. da, GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. cap 7, p 337-379.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Síntese do relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo. DAEE, 1999. 53p.

DUMANSKI, J., PIERI, C. **Land quality indicators: research plan**. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 81, p.155-162, 2000.

DROSTE, R. L. **Theory and practice of water and wastewater treatment**. Washington: Congress Cataloging-in-Publication Data, 1997, p.132-136.

FILIPPO, R. D. **Impactos Ambientais sobre os Ecossistemas Aquáticos**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.45-53, 2000.

FUNASA – Fundação Nacional da Saúde. Disponível em: www.funasa.gov.br. Acesso em: 19 nov. 2002.

IBGE. Tabela - **População residente, por sexo e situação do domicílio, população residente de 10 anos ou mais de idade, total, alfabetizada e taxa de alfabetização, segundo os Municípios** – 2000.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Boletim 200: instruções para principais culturas econômicas**. 6ed. Campinas: IAC, 1998. 396p.

IRRIGAÇÃO & TECNOLOGIA MODERNA. **Sistema plantio direto, um passeio dos rios brasileiros**. Brasília: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2003. Trimestral. 52-53 p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LIMA, E. B. N. R. **Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá**. Rio de Janeiro, 2001. 184p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: Agência Nacional de Águas e Energia Elétrica. **O estado das águas no Brasil** parte 3 – usuários da água no Brasil. Brasília: ANEEL, 1999.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.) **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-44.

MELLO, M.H.A.; PEDRO JUNIOR, M.J.; LOMBARDI NETO, F. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994.v.2.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos, princípios, integração e aplicação**. 1ª Edição. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536p.

METCALF; EDDY. **Wasterwater Treatment, disposal and reuse**. Water resources and environmental engineering. New York: McGraw-hill, 1991, p. 82-87.

MEYBECK, M. **River water quality global ranges, time and space variabilities, proposal for some redefinitions**. Verh. Internat. Verein. Limnol. Stuttgart. 1996. 81-96p.

MEYBECK, M.; HELMER R. An introduction to water quality In: CHAPMAN, D. **Water quality assessment**. Cambridge, University Press, 1992. 585p.

MOLINA, P. M. **Diagnóstico da qualidade e disponibilidade de água na microbacia do córrego Água da Bomba no Município de Regente Feijó – S. Ilha Solteira**, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UNESP.

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

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

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

OLIVEIRA, W.E. Qualidade, impurezas e características físicas, químicas e biológicas das águas. Padrões de potabilidade. Controle da qualidade da água. 2ed. São Paulo: CETESB, 1976, p. 29-43. In: OLIVEIRA, W.E., et al. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 2ed. São Paulo: CETESB, 1976.

PITTER, P. Inorganic substances in the water. Washington: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1993, p. 66-105. In: TOLGYESSY, J. (Ed.).

Chemistry and biology of water air and soil. Environmental aspects. Washington: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1993.

POLETO, C. **Monitoramento e avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira-SP**. Ilha Solteira, 2003. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

PROJETO ÁGUAS E MINAS. Disponível em: <http://www.aguaseminas.com.br>. Acesso em 5mar2005.

PROSSIGA. Disponível em: <http://www.prossiga.com.br>. Acesso em 22abr2005.

RICHTER, C. A ; NETTO, J.M.A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

REFOSCO, J. C. **Ecologia da Paisagem e Sistema de Informações Geográficas no Estudo da Interferência da Paisagem na Concentração de Sólidos Totais no Reservatório da Usina de Barra Bonita-SP**. São Carlos, 1996. 129p. Dissertação de Mestrado – EESC, Universidade de São Paulo.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. São Carlos: USP/EESC, 1998. 819p.

ROCHA, J.S.M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1991.

RODRIGUES, R. R., LEITÃO FILHO, H. F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo: Fapesp, 2000. 320p. il.

SANTOS FILHO, D.F. **Tecnologia de tratamento de água: água para indústria**. 2ed. São Paulo: Nobel, 1983.

SANTOS, I. et al. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372p.

SHIAVETTI; CAMARGO, **Conceito de Bacia Hidrográfica: Teoria e Aplicações**. Editus/UESC – Ilhéus – 2002. Cap.1.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: Ed. Universidade, 2001. p.35-51.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1996. 243p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2ª Edição. São Paulo: Rima, 2003. 248p.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação. **Normas para apresentação de documentos científicos: Apostila de Normalização Documentária (com base nas normas da ABNT)**. Ilha Solteira: Ed. da UNESP, 2006.

9. ANEXOS

1. ANEXO I

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005

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, e dá outras providências.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º, inciso II e 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando a vigência da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade;

Considerando o art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e demais normas aplicáveis à matéria;

Considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza;

Considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida;

Considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

Considerando os termos da Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes - POPs, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

Considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos;

Considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento; e

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água;

RESOLVE:

Art. 1º - Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CAPÍTULO I DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º - Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %;

II - Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %;

III - Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 %;

IV - Ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;

V - Ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes;

VI - Aqüicultura: o cultivo ou a criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático;

VII - Carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;

VIII - Cianobactérias: microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde;

IX - Classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros;

X - Classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;

XI - Coliformes termotolerantes: bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal;

XII - Condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;

XIII - Condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor;

XIV - Controle de qualidade da água: conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a melhoria e a conservação da qualidade da água estabelecida para o corpo de água;

XV - Corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente;

XVI - Desinfecção: remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos;

XVII - Efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição;

XVIII - Efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, tais como a reprodução, o crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida ou parte dele;

XIX - Efetivação do enquadramento: alcance da meta final do enquadramento;

XX - Enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

XXI - Ensaios ecotoxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos;

XXII - Ensaios toxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco à saúde humana;

XXIII - *Escherichia coli* (E.Coli): bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima - glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas;

XXIV - Metas: é o desdobramento do objeto em realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório;

XXV - Monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água;

XXVI - Padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente;

XXVII - Parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

XXVIII - Pesca amadora: exploração de recursos pesqueiros com fins de lazer ou desporto;

XXIX - Programa para efetivação do enquadramento: conjunto de medidas ou ações progressivas e obrigatórias, necessárias ao atendimento das metas intermediárias e final de qualidade de água estabelecidas para o enquadramento do corpo hídrico;

XXX - Recreação de contato primário: contato direto e prolongado com a água (tais como natação, mergulho, esqui-aquático) na qual a possibilidade do banhista ingerir água é elevada;

XXXI - Recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo);

XXXII - Tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;

XXXIII - Tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;

XXXIV - Tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;

XXXV - Tributário (ou curso de água afluyente): corpo de água que flui para um rio maior ou para um lago ou reservatório;

XXXVI - Vazão de referência: vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGRH;

XXXVII - Virtualmente ausentes: que não é perceptível pela visão, olfato ou paladar; e

XXXVIII - Zona de mistura: região do corpo receptor onde ocorre a diluição inicial de um efluente.

CAPÍTULO II DA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA

Art. 3º - 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.

Parágrafo único - As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

SEÇÃO I DAS ÁGUAS DOCES

Art. 4º - As águas doces são classificadas em:

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 CONAMA nº 274, de 2000;
- d) À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) À 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 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.

SEÇÃO II DAS ÁGUAS SALINAS

Art. 5º - As águas salinas são assim classificadas:

I - Classe especial: águas destinadas:

- a) À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e
- b) À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) À recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) À proteção das comunidades aquáticas; e
- c) À aquicultura e à atividade de pesca.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) À pesca amadora; e
- b) À recreação de contato secundário.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

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

SEÇÃO III DAS ÁGUAS SALOBRAS

Art. 6º - As águas salobras são assim classificadas:

I - Classe especial: águas destinadas:

- a) À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e,
- b) À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) À recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) À proteção das comunidades aquáticas;
- c) À aquicultura e à atividade de pesca;
- d) Ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e
- e) À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) À pesca amadora; e
- b) À recreação de contato secundário.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

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

CAPÍTULO III DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

SEÇÃO I DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 7º - Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

Parágrafo único - Evidentes interações entre substâncias, especificadas ou não nesta Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos, ressalvado o disposto no § 3º do Art. 34, desta Resolução.

Art. 8º - O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.

§ 1º - Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade.

§ 2º - Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

§ 3º - A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas.

§ 4º - As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

§ 5º - Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão as suas expensas.

§ 6º - Para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

Art. 9º - A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

§ 1º - Os laboratórios dos órgãos competentes deverão estruturar-se para atenderem ao disposto nesta Resolução.

§ 2º - Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias.

Art. 10 - Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

§ 1º - Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

§ 2º - Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.

§ 3º - Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

§ 4º - O disposto nos §§ 2º e 3º não se aplica às baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos de água em que não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

Art. 11 - O Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica.

Art. 12 - O Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência.

Art. 13 - Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Seção II Das Águas Doces

Art. 14 - As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂;
- i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;
- j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT); l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e m) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

Tabela 2 - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES

PADRÕES
PARÂMETROS
Clorofila a
Densidade de cianobactérias
Sólidos dissolvidos totais
PARÂMETROS INORGÂNICOS
Alumínio dissolvido
Antimônio
Arsênio total
Bário total
Berílio total
Boro total
Cádmio total

Chumbo total
Cianeto livre
Cloro total
Cloro residual total (combinado + livre)
Cobalto total
Cobre dissolvido
Cromo total
Ferro dissolvido
Fluoreto total
Fósforo total (ambiente lêntico)
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias,
e tributários diretos de ambiente lêntico)
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)
Lítio total
Manganês total
Mercúrio total
Níquel total
Nitrato
Nitrito
Nitrogênio amoniacal total

Prata total

Selênio total
Sulfato total
Sulfeto (H₂S não dissociado)
Urânio total
Vanádio total
Zinco total

PARÂMETROS ORGÂNICOS

Acrilamida
Alacloro
Aldrin + Dieldrin
Atrazina
Benzeno
Benzidina
Benzo(a)antraceno
Benzo(a)pireno
Benzo(b)fluoranteno
Benzo(k)fluoranteno
Carbaril
Clordano (cis + trans)
2-Clorofenol
Criseno
2,4-D
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)
Dibenzo(a,h)antraceno
1,2-Dicloroetano

1,1-Dicloroetano
 2,4-Diclorofenol
 Diclorometano
 DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)
 Dodecacloro pentaciclodecano
 Endossulfan (a + b + sulfato)
 Endrin
 Estireno
 Etilbenzeno
 Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)
 Glifosato
 Gution
 Heptacloro epóxido + Heptacloro
 Hexaclorobenzeno
 Indeno(1,2,3-cd)pireno
 Lindano (g-HCH)
 Malation
 Metolacloro
 Metoxicloro
 Paration
 PCBs - Bifenilas policloradas

Pentaclorofenol
 Simazina
 Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno
 2,4,5-T
 Tetracloroeto de carbono
 Tetracloroetano
 Tolueno
 Toxafeno
 2,4,5-TP
 Tributilestanho
 Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)
 Tricloroetano
 2,4,6-Triclorofenol
 Trifluralina
 Xileno

III - Nas águas doces onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

Tabela 3 - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO

PARÂMETROS INORGÂNICOS

Arsênio total

VALOR MÁXIMO

0,14 µg/L As

PARÂMETROS ORGÂNICOS

Benzidina

VALOR MÁXIMO

0,0002 µg/L

Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	1,6 µg/L
Tetracloroeteno	3,3 µg/L
Toxafeno	0,00028 µg/L
2,4,6-triclorofenol	2,4 µg/L

Art. 15 - Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

VII - clorofila a: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm³/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico.

Art. 16 - As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm³/L;

i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂;

j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂; l) turbidez até 100 UNT; m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e, n) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

Tabela 4 - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES

**PADRÕES
PARÂMETROS**

Clorofila a
Densidade de cianobactérias
Sólidos dissolvidos totais

PARÂMETROS INORGÂNICOS

Alumínio dissolvido
Arsênio total
Bário total
Berílio total
Boro total
Cádmio total
Chumbo total
Cianeto livre
Cloreto total
Cobalto total
Cobre dissolvido

Cromo total

Ferro dissolvido
Fluoreto total
Fósforo total (ambiente lêntico)
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias,
e tributários diretos de ambiente lêntico)
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)
Lítio total
Manganês total
Mercúrio total
Níquel total
Nitrato
Nitrito
Nitrogênio amoniacal total

Prata total
Selênio total
Sulfato total
Sulfeto (como H₂S não dissociado)
Urânio total
Vanádio total
Zinco total

PARÂMETROS ORGÂNICOS

Aldrin + Dieldrin
Atrazina
Benzeno
Benzo(a)pireno
Carbaril
Clordano (cis + trans)

2,4-D
 DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)
 Demeton (Demeton-O + Demeton-S)
 1,2-Dicloroetano
 1,1-Dicloroetano
 Dodecacloro Pentaciclodecano
 Endossulfan (a + b + sulfato)
 Endrin
 Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)
 Glifosato
 Gution
 Heptacloro epóxido + Heptacloro
 Lindano (g-HCH)

Malation
 Metoxicloro
 Paration
 PCBs - Bifenilas policloradas
 Pentaclorofenol
 Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno
 2,4,5-T
 Tetracloroeto de carbono
 Tetracloroetano
 Toxafeno
 2,4,5-TP
 Tributilestanho
 Tricloroetano
 2,4,6-Triclorofenol

Art. 17 - As águas doces de classe 4 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - odor e aspecto: não objetáveis;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

V - fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C₆H₅OH;

VI - OD, superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; e,

VII - pH: 6,0 a 9,0.

2. ANEXO II

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 303, de 20 de março de 2002

Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto nas Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e o seu Regimento Interno, e

Considerando a função sócio-ambiental da propriedade prevista nos arts. 5º, inciso XXIII, 170, inciso VI, 182, § 2º, 186, inciso II e 225 da Constituição e os princípios da prevenção, da precaução e do poluidor-pagador;

Considerando a necessidade de regulamentar o art. 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, no que concerne às Áreas de Preservação Permanente;

Considerando as responsabilidades assumidas pelo Brasil por força da Convenção da Biodiversidade, de 1992, da Convenção Ramsar, de 1971 e da Convenção de Washington, de 1940, bem como os compromissos derivados da Declaração do Rio de Janeiro, de 1992;

Considerando que as Áreas de Preservação Permanente e outros espaços territoriais especialmente protegidos, como instrumentos de relevante interesse ambiental, integram o desenvolvimento sustentável, objetivo das presentes e futuras gerações, resolve:

Art. 1º Constitui objeto da presente Resolução o estabelecimento de parâmetros, definições e limites referentes às Áreas de Preservação Permanente.

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - nível mais alto: nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente;

II - nascente ou olho d'água: local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea;

III - vereda: espaço brejoso ou encharcado, que contém nascentes ou cabeceiras de cursos d'água, onde há ocorrência de solos hidromórficos, caracterizado predominantemente por renques de buritis do brejo (*Mauritia flexuosa*) e outras formas de vegetação típica;

IV - morro: elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;

V - montanha: elevação do terreno com cota em relação a base superior a trezentos metros;

VI - base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;

VII - linha de cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma seqüência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas;

VIII - restinga: depósito arenoso paralelo a linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, também consideradas comunidades edáficas por dependerem mais da natureza do substrato do que do clima. A cobertura vegetal nas restingas ocorrem mosaico, e encontra-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o

estágio sucessional, estrato herbáceo, arbustivos e abóreo, este último mais interiorizado;

IX - manguezal: ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina;

X - duna: unidade geomorfológica de constituição predominante arenosa, com aparência de cômoro ou colina, produzida pela ação dos ventos, situada no litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta, ou não, por vegetação;

XI - tabuleiro ou chapada: paisagem de topografia plana, com declividade média inferior a dez por cento, aproximadamente seis graus e superfície superior a dez hectares, terminada de forma abrupta em escarpa, caracterizando-se a chapada por grandes superfícies a mais de seiscentos metros de altitude;

XII - escarpa: rampa de terrenos com inclinação igual ou superior a quarenta e cinco graus, que delimitam relevos de tabuleiros, chapadas e planalto, estando limitada no topo pela ruptura positiva de declividade (linha de escarpa) e no sopé por ruptura negativa de declividade, englobando os depósitos de colúvio que localizam-se próximo ao sopé da escarpa;

XIII - área urbana consolidada: aquela que atende aos seguintes critérios:

a) definição legal pelo poder público;

b) existência de, no mínimo, quatro dos seguintes equipamentos de infra-estrutura urbana:

1. malha viária com canalização de águas pluviais,

2. rede de abastecimento de água;
 3. rede de esgoto;
 4. distribuição de energia elétrica e iluminação pública ;
 5. recolhimento de resíduos sólidos urbanos;
 6. tratamento de resíduos sólidos urbanos; e
- c) densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por km².

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

- a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
- b) cinqüenta metros, para o curso d'água com dez a cinqüenta metros de largura;
- c) cem metros, para o curso d'água com cinqüenta a duzentos metros de largura;
- d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;
- e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;

II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinqüenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:

a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;

b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros;

IV - em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;

V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;

VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

VII - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;

VIII - nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa;

IX - nas restingas:

a) em faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima;

b) em qualquer localização ou extensão, quando recoberta por vegetação com função fixadora de dunas ou estabilizadora de mangues;

X - em manguezal, em toda a sua extensão;

XI - em duna;

XII - em altitude superior a mil e oitocentos metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, à critério do órgão ambiental competente;

XIII - nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;

XIV - nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçadas de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;

XV - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.

Parágrafo único. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:

I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;

II - identifica-se o menor morro ou montanha;

III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e

IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.

Art. 4º O CONAMA estabelecerá, em Resolução específica, parâmetros das Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso de seu entorno.

Art. 5º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogando-se a Resolução CONAMA 004, de 18 de setembro de 1985.