

**MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
DA ÁGUA NA MICROBACIA DO CÓRREGO
CAMPESTRE NO MUNICÍPIO DE LINS - SP**

Leandro Pereira Cuelbas

Dissertação apresentada à FEIS – UNESP,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Civil – Ênfase
em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Luis de Carvalho

Ilha Solteira - SP

Março de 2007

FICHA CATALOGRÁFICA

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

C965m

Cuelbas, Leandro Pereira

Monitoramento e avaliação da qualidade da água na microbacia do córrego campestre no município de Lins - SP / Leandro Pereira Cuelbas. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2007
vi, 118 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2007

Orientador: Sérgio Luis de Carvalho

Bibliografia: p. 91-96

1. Bacias hidrográficas. 2. Água - Qualidade. 3. Sistemas de informação geográfica.

DEDICATÓRIA

A Deus que me deu sabedoria para alcançar todos os meus ideais, mostrando a mim sempre o melhor caminho a seguir

A minha amada esposa Andréia por estar sempre do meu lado me incentivando a dar mais salto de vitória na minha vida, pois sem sua colaboração não teria forças para continuar meus estudos

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à meu Deus por ter me dado a vida e por sempre estar do meu lado me dirigindo a um bom caminho

A meus amados pais, por terem me concedido a vida e me ajudado na caminhada desta vida

Aos meus irmãos, amigos, colegas, e por todos que fizeram parte nessa nossa história e me ajudaram a crescer e ser mais gente

A meu orientador, Prof. Dr. Sérgio Luis de Carvalho, pela dedicação e confiança

Aos professores: Prof. Dr. Tsunao Matsumoto, Profa. Dra. Elizete Aparecida Checon de Freitas Lima, Prof. Dr. Edson Pereira Tangerino e Profa. Dra. Maria José Alencar Vilela, que fizeram parte da comissão examinadora de qualificação e dissertação

Ao Centro de Tecnologia em Geoprocessamento - CTGEO pelo incentivo e aperfeiçoamento de seus funcionários

Ao Laboratório de Química e Controle Industrial - LACI pela ajuda dos materiais fornecidos

Aos colegas de trabalho do CTGEO e do Centro Estadual Paula Souza de LINS

Aos amigos:

Enaldo Pires Montanha

Fernando Luis Ferreira Pereira

Julio Nascimento Sena

Luiz Fernando de Oliveira Silva

Maurício Macedo

Rodrigo Augusto Ferreira de Brito

Silvio Eduardo Doretto

Aos colegas e Professores do Departamento de Engenharia Civil – DEC DA Unesp de Ilha Solteira

A todos que contribuíram para a conclusão desse trabalho

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS	IV
RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VI
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações gerais	1
1.2 Objetivo	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Bacia e microbacia hidrográfica	3
2.2 Planejamento com bacia hidrográfica	4
2.3 Degradação e poluição de bacias Hidrográficas	5
2.4 Importância das matas ciliares.....	7
2.5 Influência Urbana nas bacias hidrográficas.....	9
2.6 Autodepuração do ecossistema	9
2.7 Educação Ambiental	10
2.8 Qualidade da água	11
2.9 Parâmetros para análise da água	13
2.9.1 Parâmetros físicos	14
2.9.2 Parâmetros químicos	16
2.9.3 Parâmetros biológicos	21
2.10 Resolução CONAMA.....	22
2.11 Índice de Qualidade das Águas – IQA	24
2.12 Geoprocessamento	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 Localização da área de estudo	30
3.2 Software e imagens de satélites	31
3.2.1 Sig-Ctgeo.....	31
3.2.2 Satélite SPOT 5	31
3.2.3 Satélite Quick Bird	32
3.2.4 Mapas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)	33

3.3	Delimitação e informações sobre a microbacia em estudo	33
3.4	Pontos de amostragem de coleta da água.....	35
3.5	Coleta e análise da água.....	47
3.6	Análises de laboratório.....	51
4	RESULTADOS	53
4.1	Estatística exploratória e temporal dos parâmetros analisados	54
4.2	Índice de Qualidade da Água – IQA	65
4.2.1	IQA do ponto 1	68
4.2.2	IQA do ponto 2	69
4.2.3	IQA do ponto 3	70
4.2.4	IQA do ponto 4	71
4.2.5	IQA do ponto 5	72
4.2.6	IQA do ponto 6	73
4.2.7	Média do IQA nos 6 pontos	74
4.3	Mapa de informações do uso e ocupação do solo.....	75
5	DISCUSSÃO.....	77
5.1	Parâmetros analisados nos pontos da microbacia do Córrego Campestre	77
5.2	Índice de Qualidade da Água – IQA.....	81
5.3	Uso e ocupação do solo	83
6	CONCLUSÕES.....	88
7	RECOMENDAÇÕES	90
8	BIBLIOGRAFIA	91
	ANEXO I	97
	ANEXO II.....	114

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Esquema conceitual de uma Área Ripári.....	7
FIGURA 2 - Curvas de variação dos parâmetros do IQA.....	24
FIGURA 3 – Localização de Lins no Estado de São Paulo.....	32
FIGURA 4 – Imagem do Satélite SPOT 5, visualizada pelo Sig-Ctgeo.....	32
FIGURA 5 – Imagem do Satélite Quick Bird visualizada pelo Sig-Ctgeo.....	33
FIGURA 6 – Mapa da delimitação da microbacia do Córrego Campestre, localizada no Município de Lins	34
FIGURA 7 – Mapa dos Córregos da microbacia em estudo	35
FIGURA 8 – Imagem contendo de forma geral a localização dos 6 pontos definidos para análise da água.....	36
FIGURA 9 – Localização do ponto de coleta 1.....	37
FIGURA 10 – Foto do Córrego Campestre, onde está localizado o ponto 1	37
FIGURA 11 – Localização do ponto de coleta 2.....	38
FIGURA 12 – Foto do Córrego Barbosa, onde está localizado o ponto 2	39
FIGURA 13 – Foto do encontro dos Córregos Barbosa e Barbosinha (ambos canalizados), após o qual, está localizado o ponto 2.....	39
FIGURA 14 – Localização do ponto de coleta 3.....	40
FIGURA 15 – Foto do Córrego Jacintina, onde está localizado o ponto 3	41
FIGURA 16 – Localização do ponto de coleta 4.....	42
FIGURA 17 – Foto do Córrego Campestre, onde está localizado o ponto 4.....	42
FIGURA 18 – Localização do ponto de coleta 5	43
FIGURA 19 – Localização mais próxima do ponto de coleta 5, mostrando a saída da ETE	44
FIGURA 20 – Foto do Córrego Campestre, onde está localizado o ponto 5....	44
FIGURA 21 – Foto do Córrego Campestre na saída de despejo da ETE, próximo do ponto 5.....	45
FIGURA 22 – Localização do ponto de coleta 6.....	46
FIGURA 23 – Foto do Córrego Campestre, onde está localizado o ponto 6....	46
FIGURA 24 – Foto dos frascos utilizados nas coletas	48

FIGURA 25 – Foto das caixas térmicas utilizadas para armazenamento das amostras.....	49
FIGURA 26 – Foto das amostras dentro da caixa térmica utilizada para armazenamento	50
FIGURA 27 – Foto dos frascos contendo os reagentes químicos: sulfato manganoso e ázida sódica	51
FIGURA 28 – Valores de Turbidez nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	55
FIGURA 29 – Valores de Temperatura nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	56
FIGURA 30 – Valores de pH nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	57
FIGURA 31 – Valores de Sólidos Totais (mg/L) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006	58
FIGURA 32 – Valores de Oxigênio Dissolvido (mg/L) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006	59
FIGURA 33 – Valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	60
FIGURA 34 – Valores de Nitrogênio Total (mg/L) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006	62
FIGURA 35 – Valores de Fósforo Total (mg/L) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006	63
FIGURA 36 – Valores de Coliformes Fecais (NMP/100 ml) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006	64
FIGURA 37 – Valores de IQA nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	68
FIGURA 38 – Valores de IQA calculados I para o ponto 1 no Período de Abril a Dezembro de 2006,.....	69
FIGURA 39 – Valores de IQA calculados para o ponto 2 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	70
FIGURA 40 – Valores de IQA calculados para o ponto 3 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	71
FIGURA 41 – Valores de IQA calculados para o ponto 4 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	72

FIGURA 42 – Valores de IQA calculados para o ponto 5 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	73
FIGURA 43 – Valores de IQA calculados para o ponto 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	74
FIGURA 44 – Valores médios de IQA calculados para todos os pontos analisados no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	75
FIGURA 45 – Uso e ocupação do solo para o estudo.....	76
FIGURA 46 – Imagem de uma indústria próximo ao ponto 3	84
FIGURA 47 – Mata ciliar nas margens dos córregos da microbacia do Córrego Campestre.....	85
FIGURA 48 – Imagem do antigo lixão, próximo do ponto 5	86
FIGURA 49 – Foto do antigo lixão mostrando o lixo que extravasa para o Córrego Campestre.....	87
FIGURA 50 – Foto aproximada do antigo lixão mostrando o lixo que extravasa para o Córrego Campestre	87

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Qualidade da água de um rio e maiores campos científicos de estudo (MEYBECK, 1996).....	13
TABELA 2 - Escala da qualidade da água indicada pelo IQA	27
TABELA 3 – Resultados obtidos das análises laboratoriais dos parâmetros da água nos seis pontos de coleta	53
TABELA 4 – Valores calculados do IQA para o ponto 1 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	66
TABELA 5 – Valores calculados do IQA para o ponto 2 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	66
TABELA 6 – Valores calculados do IQA para o ponto 3 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	66
TABELA 7 – Valores calculados do IQA para o ponto 4 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	67
TABELA 8 – Valores calculados do IQA para o ponto 5 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	67
TABELA 9 – Valores calculados do IQA para o ponto 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006.....	67

RESUMO

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.

O estudo foi realizado na microbacia do Córrego Campestre que está localizada no Município de Lins, Estado de São Paulo, compreendendo uma área de 80 km². Nessa área está inserida a Cidade de Lins com uma área urbana de 20 km², perfazendo 25% da microbacia em estudo.

Através das coletas e análises de amostras de água, no período de seca e chuva, dos principais córregos da microbacia do Córrego Campestre, foi possível obter resultados do Índice de Qualidade da Água - IQA. Com bases nos resultados combinados, com as informações obtidas através das imagens de satélite e fotos dos locais, constatou-se que os efeitos das atividades antrópicas principais desenvolvidas na região urbana, a urbanização e lançamentos de resíduos nos cursos d'água sem nenhuma forma de tratamento, provocaram elevados teores de matéria orgânica e coliformes, comprovado através da análise das características físico-químicas e bacteriológicas.

Constatou-se também, a partir das observações feitas "in loco", fortes evidências de degradação da microbacia, principalmente por um antigo lixão que está localizado às margens do Córrego Campestre. Através da análise das imagens de satélite, utilizando um Sistema de Informações Geográficas – SIG, foi possível identificar a inexistência de vegetação ciliar, o que contribuiu para o carregamento de resíduos poluentes do solo aos cursos d'água após as chuvas intensas.

Palavras-Chave: Índice da Qualidade da Água - IQA, Degradação, Sistema de Informação Geográfica - SIG, Microbacia

ABSTRACT

CUELBAS, L. P. Monitoring and evaluation water quality in the microwatershed of the Campestre Stream (Lins, São Paulo State, Brazil). 2007, 132p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

The study it was carried through in the microwatershed of the Campestre Stream that is located in the region of the Lins city, São Paulo State, understanding an area of 80 km². In this area the Lins city with an urban area of 20 is inserted km², with about 25% of the microwatershed in study.

Through the collections and analyze chemistry of samples of water, in the drought periods and rain, of the main streams in the microwatershed of the Rural Stream, it was possible like this to obtain results of the Index of Quality of the Water - IQA and analyses of the parameters physical, chemical and biological. Those combined results with the information obtained through the satellite images and pictures of the places, it was verified that the effects of the activities main human actions developed in the urban area, the urbanization and releases of residues in the courses of water without any handling form, they provoked high tenors of organic matter, coliformes and nutritious, proven through it analyzes it of the physiochemical and bacteriological characteristics.

It was also verified, starting from the observations done "in loco", strong evidences of degradation of the microwatershed mainly for an old deposit garbage that is located to the margins of the Rural Stream. Through it analyzes her/it of the satellite images, being used a Geographical Information System - SIG for visualization of the images of satellite of the studied place, was possible to identify the inexistence of ciliary vegetation, which contributes to the shipment of pollutant residues of the soil to the courses of water after the rains.

Keywords: Water Quality Indice, Degradation, Geographical Information System - GIS, Microwatershed

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

As bacias hidrográficas são de extrema importância à vida, pois nelas estão alguns recursos naturais, que beneficiam as comunidades com a disponibilidade dos recursos naturais disponíveis para utilização.

Nos últimos anos o uso dos recursos naturais disponíveis no mundo tem aumentado intensamente com atividades antrópicas e seus diversos modos de utilização e conseqüentemente com os recursos hídricos disponíveis nas bacias hidrográficas (TUNDISI, 2003).

Os recursos naturais pertencentes às bacias hidrográficas são de extrema importância à sociedade, pois é através da utilização destes recursos que a humanidade se beneficia para sua sobrevivência. O mau uso dos recursos naturais tem ocorrido tanto pela escassez quanto pelo excesso de seu uso, como também pelo fato da humanidade tratar este assunto com descaso (CALIJURI e OLIVEIRA, 2000).

Entre os vários benefícios que os recursos naturais oferecem água é o bem natural que todo ser vivo necessita à sua sobrevivência. É um recurso finito e a crise da água nas últimas décadas tem ameaçado a sociedade e conseqüentemente a sobrevivência de toda biosfera. A água sempre foi um recurso estratégico à sociedade. O crescimento populacional e as demandas sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são algumas das causas fundamentais da crise (TUNDISI, 2003).

O custo do tratamento de água para abastecimento e a recuperação de lagos, rios e represas são elevados, o que ressalva a importância da preservação e cuidados sobre as formas de utilização, tanto da própria água como também dos recursos naturais como um todo (TUNDISI, 2003). A displicência e o descaso pela água e conseqüentemente o mau uso dos recursos naturais são problemas que devem ser resolvidos.

O uso inadequado dos solos, o desmatamento irracional e o uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos vêm provocando inúmeros problemas ambientais, principalmente em áreas de nascentes e ribeirinhas,

alterando a qualidade e quantidade de água drenada pela bacia hidrográfica (POLETO, 2003).

O presente estudo aborda a influência de uma área urbana sobre uma bacia hidrográfica e conseqüentemente sobre os cursos d'água.

Os cursos d'água são os mais prejudicados com esse tipo de degradação, pois o aporte de resíduos líquidos e sólidos tanto pode influenciar negativamente na contaminação dos lençóis freáticos como nos cursos d'água superficiais, prejudicando assim a vida aquática local, principalmente na região de despejo dos resíduos líquidos de esgoto tratado e não tratado.

1.2 Objetivo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água e o estado de conservação de uma microbacia da região urbana de Lins – SP, a partir da análise das condições físicas, químicas e bacteriológica da água, utilizando-se o Índice de Qualidade da Água – IQA como um importante parâmetro desses estudos.

Pretende-se com esse estudo, ampliar os conhecimentos a respeito da microbacia estudada e ao mesmo tempo fornecer subsídios para a realização de outras pesquisas que possam melhorar as condições ambientais de outras microbacias, com a utilização do IQA, contribuindo com importantes informações junto aos órgãos públicos e à sociedade para melhor conservação dos recursos hídricos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bacia e microbacia hidrográfica

O conceito de Bacia Hidrográfica - BH tem sido cada vez mais expandido e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental. Na perspectiva de um estudo hidrológico, o conceito de BH envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. Embora tecnicamente o conceito implícito no termo seja preciso, podem existir variações no foco principal, conforme a percepção dos técnicos que o utilizam em seus estudos (SHIAVETTI & CAMARGO, 2002).

Mello et. al. (1994) explicam que, tomando como referencial uma seção transversal de um rio, chama-se bacia hidrográfica ou bacia de contribuição, a área coletora de água proveniente da precipitação que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada. Neste sentido as diferentes definições de microbacia têm sua origem na interpretação ou na compreensão científica da interação entre as suas funções na paisagem e a sua conformação geomorfológica, considerando-se fundamentalmente cada um dos seus componentes.

Dessa forma, orientando-se as ações humanas para a busca do uso conservacionista dos recursos naturais, ecologicamente organizados na escala da microbacia hidrográfica, há na literatura diversos enfoques para o tema do presente trabalho. Lima et. al. (1999) explica que a microbacia hidrográfica constitui a manifestação bem definida de um sistema natural aberto e pode ser vista como a unidade ecossistêmica da paisagem, em termos de integração dos ciclos naturais de energia, de nutrientes e, principalmente, da água.

Para Rocha (1991) os conceitos de microbacia e de bacia hidrográfica são os mesmos, ou seja, ambos estão relacionados com aquelas áreas drenadas pelas águas pluviais, as quais, por ravinas, canais e tributários, dirigem-se para um curso principal, com vazão afluente convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no mar ou em um grande lago.

Com relação ao fator área na distinção entre os termos bacia e microbacia hidrográfica, Lima & Zakia (2000), explicam que, sob o ponto de vista da hidrologia, a classificação das bacias hidrográficas em grandes e pequenas deve ser feita com base não somente na sua superfície total, mas também considerando os efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio. Assim, hidrologicamente as microbacias têm como características distintas uma grande sensibilidade tanto a chuvas de alta intensidade (curta duração), como também ao fator uso do solo (cobertura vegetal). Quer isso dizer que 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. Nestas últimas, o efeito de armazenamento da água pluvial ao longo dos canais é tão pronunciado que a bacia torna-se menos sensível àqueles dois fatores.

Essa explicação hidrológica contribui, portanto, de modo fundamental na distinção, definição e principalmente na delimitação espacial de microbacias e de bacias hidrográficas, sendo crucial a sua compreensão para a estruturação de programas de monitoramento ambiental. Por meio de instrumentação de medições de variáveis hidrológicas, limnológicas, da topografia e da cartografia e com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas, pode-se chegar a uma adequada delimitação espacial de microbacias e de bacias hidrográficas.

2.2 Planejamento com bacia hidrográfica

A utilização da BH como unidade de planejamento e gerenciamento ambiental não é recente; há muito tempo os hidrólogos têm reconhecido as ligações entre as características físicas de uma BH e a quantidade de água que chega aos corpos hídricos. Por outro lado, os limnólogos têm considerado que as características do corpo d'água refletem as características de sua bacia de drenagem. Neste sentido, as abordagens de planejamento e gerenciamento ambiental utilizando a BH como unidades de estudo têm evoluído bastante, desde que as mesmas apresentam características biogeofísicas que denotam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos (DASMANN apud SHIAVETTI & CAMARGO, 2002).

O processo de gerenciamento e planejamento ambiental de BH foi inicialmente direcionado à solução de problemas relacionados ao recurso água,

priorizando o controle de inundações, ou a irrigação, ou a navegação, ou o abastecimento público e industrial. Com o aumento da demanda sobre os recursos hídricos e da experiência dos técnicos, envolvidos na administração dos mesmos, foi verificada a necessidade de incorporar na abordagem inicial os aspectos relacionados aos usos múltiplos da água, na perspectiva de atender uma estrutura do tipo multi-usuário que competem pelo mesmo recurso. Esta abordagem buscou solucionar 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 porque as implicações sobre o uso dos recursos hídricos provêm de uma série de fatores naturais, econômicos, sociais e políticos, sendo o recurso “água” tão somente o ponto de convergência de um complexo sistema ambiental (FORBES & HODGE apud SHIAVETTI & CAMARGO, 2002).

2.3 Degradação e poluição de bacias Hidrográficas

Em termos de magnitude da questão de degradação de solos e recursos hídricos Dumanski & Pieri (2000) citam que as estimativas atuais são de que um terço ou metade das terras do globo, que não estão ocupadas por geleiras, são regularmente manejadas e que acima de 70% delas recebem algum grau de intervenção humana.

Com relação à degradação das bacias hidrográficas, esta pode ser caracterizada como qualquer alteração artificial e acelerada, nas características físicas, químicas e biológicas da mesma, podendo resultar em modificações na geomorfologia, biodiversidade e aspectos quantitativos e qualitativos dos cursos d'água. Para Cunha e Guerra (2003, p. 355), somente as características naturais das bacias hidrográficas, através da topografia, geologia, solos e clima, já podem contribuir para a erosão potencial das encostas e para os desequilíbrios ambientais e conseqüentemente das microbacias.

Este processo natural tem-se acelerado pela ação de diversos problemas decorrentes do desenvolvimento urbano e rural, impulsionado pelo crescimento populacional e pela falta de planejamento na utilização dos recursos naturais localizados nas microbacias.

No meio rural brasileiro, o desenvolvimento econômico nas últimas décadas, tem caracterizado pela falta de planejamento no que diz respeito ao uso sustentável

dos recursos naturais de água e solo. Estudos indicam que para cada quilograma de grão produzido, o país perde entre 6 a 10 quilogramas de solo por erosão (SANTOS et al., 2001, p. 231), com prejuízos estimados em 13 bilhões de reais por ano (IRRIGAÇÃO E TECNOLOGIA MODERNA, 2003, p. 53). Nas condições de parcela padrão e considerando a produtividade média de grãos no Brasil, segundo o Instituto Agrônomo De Campinas (1998), a perda média é de 7 quilogramas de solo por quilograma de grão produzido, que comparado com a situação anterior, evidencia os altos valores de solos perdidos por erosão.

Este quadro se deve principalmente à integração de um conjunto de fatores. De acordo com o Departamento de Águas e Energia Elétrica (1999, p. 23), no estado de São Paulo, 80% dos solos são classificados como de alto potencial de erosão e somente 13,69% da área do estado ainda tem preservada a vegetação nativa. Essas condições, aliadas à falta de técnicas adequadas de preparo e conservação do solo, constituem as principais causas dos processos erosivos.

Como consequência, durante o período chuvoso, grandes quantidades de solos, matéria orgânica e insumos agrícolas são carregados para o leito dos cursos d'água, contribuindo para o aumento da concentração de sólidos, nutrientes e da descarga sólida total. Sem a preservação adequada das matas ciliares este processo torna-se acelerado, pois vários autores têm demonstrado a eficiência das matas ciliares em reter nutrientes, herbicidas e sedimentos, decorrentes do processo de erosão (LIMA e ZAKIA, 2000, p. 37), evitando que os mesmos cheguem ao leito do manancial.

Com o aumento excessivo da concentração de sólidos e da descarga sólida dos mananciais, pode ocorrer com o tempo, o assoreamento, que além de modificar ou deteriorar a qualidade da água, a fauna e a flora (CARVALHO et al, 2000, p. 101 a 104), também, reduz a disponibilidade hídrica. Já o aumento da concentração de nutrientes na água pode resultar em eutrofização, que segundo Tundisi (2003, p.67), é o resultado do enriquecimento com nutrientes, principalmente o fósforo e nitrogênio, que são despejados de forma dissolvida ou particulada em lagos, represas e rios e são transformados em partículas orgânicas, matéria viva vegetal, pelo metabolismo das plantas.

2.4 Importância das matas ciliares

Com relação às matas ciliares, é conveniente dizer que seus valores do ponto de vista do interesse de diferentes setores de uso da terra são bastante conflitantes: para o pecuarista, representam obstáculo ao livre acesso do gado 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 de água visando garantia de suprimento contínuo (BREN apud LIMA & ZAKIA, 2000).

A relação da geomorfologia com a questão das matas ciliares ou florestas galerias guarda um interesse particular para o entendimento do processo de diferenciação dos ecossistemas de planícies aluviais. Em nível stricto, os estudos geomorfológicos dirigem-se para a explicação da dinâmica sedimentária, que responde pela gênese dos diques marginais, que por sua vez 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. Trata-se de entender os mecanismos da sedimentação em processo, 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.

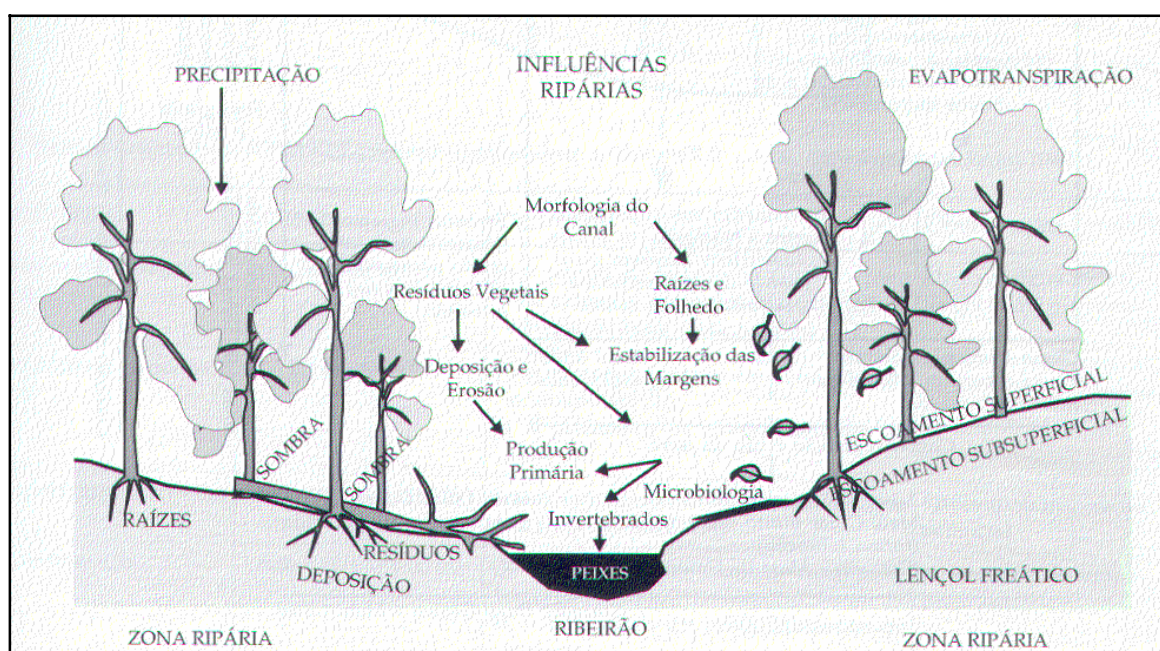


FIGURA 1 - Esquema conceitual de uma Área Ripária. Fonte: LIMA & ZAKIA (2000)

No estudo realizado em Hubbard Brook, em Nova Hampshire, EUA, ODUM (1988) mostrou o balanço de cálcio e nitrogênio, numa bacia hidrográfica florestada e o efeito do desmatamento e da recuperação ambiental, relacionando a quantidade destes nutrientes exportados nos dois períodos. As perdas de nutrientes aumentaram de 3 a 15 vezes.

Segundo o Código Florestal (Lei nº 4771) nos termos dos artigos 2 e 3, elas são Áreas de Preservação Permanente, cobertas ou não com vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora. Com base na Lei nº 4771, alterada pela Lei nº 7803, de 18/07/89, na Resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002, ver Anexo II, são consideradas Áreas de Preservação Permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas 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.

Segundo Odum (1988), mesmo nos locais onde essas áreas foram desmatadas, é necessário que se as preserve, pois as mesmas possuem sementes de árvores pioneiras de crescimento rápido, que permanecem viáveis durante anos quando ficam enterradas no solo.

2.5 Influência Urbana nas bacias hidrográficas

No meio urbano, outro fator agravante para deterioração das bacias hidrográficas, é o despejo de efluentes. Segundo o Departamento de Águas e Energia Elétrica, DAEE (1999, p. 15), 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 DBOs/dia e a carga poluidora inorgânica potencial e remanescente é de, respectivamente, 13.552 e 1.572 t/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 se reduzindo, afetando a biodiversidade aquática e inviabilizando sua utilização para o consumo humano e outras finalidades. 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 essa evolução.

Todos os condicionantes citados contribuem para a degradação das bacias hidrográficas e para a deterioração da qualidade da água dos mananciais, reduzindo o seu potencial quantitativo e qualitativo de uso econômico.

2.6 Autodepuração do ecossistema

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

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).

2.7 Educação Ambiental

É de extrema importância que a educação ambiental seja discutida e valorizada, para que as pessoas sejam conscientizadas com relação aos problemas que afetam os ecossistemas. A degradação ambiental que vem ocorrendo, afeta os recursos hídricos e o meio natural, por meio das ações antrópicas, evidenciando que a educação ambiental deve ser utilizada como instrumento para ampliar a consciência das gerações, atuais e futuras com vistas a preservar o meio em que vivem.

A reflexão sobre o conceito de educação ambiental, seus objetivos e temas de estudo, como no caso dos usos da água, mostra os caminhos da preservação e conservação de áreas naturais e do desenvolvimento dos valores humanos. No que tange à natureza, é importante a proteção e preservação do meio natural, de seus recursos hídricos e uma análise crítica das questões ambientais, bem como a busca por uma melhor qualidade de vida (BUSTOS, 2003).

Segundo Bustos (2003), na análise da educação ambiental e da cidadania, participam numerosas variáveis ligadas por diferentes tipos de relações. Entender as relações entre meio ambiente, ser humano e educação é cada vez mais importante para compreender os perigos, as responsabilidades, as razões das mudanças no comportamento humano, bem como os valores do indivíduo e da coletividade diante da problemática ambiental. Cabe ressaltar que um dos objetivos da educação ambiental é ampliar a consciência do ser humano, para nele provocar mudanças comportamentais em relação ao meio ambiente.

2.8 Qualidade da água

Os ecossistemas aquáticos acabam, de uma forma ou de outra, servindo como reservatórios temporários ou finais de uma grande variedade e quantidade de poluentes lançados no ar, no solo ou diretamente nos corpos d'água. Desta forma, a poluição do ambiente aquático, provocada pelo homem, de uma forma direta ou indireta, através da introdução de substâncias inorgânicas ou orgânicas, produz efeitos deletérios tais como: I) prejuízo aos seres vivos, II) perigo a saúde humana, III) efeitos negativos as atividades aquáticas (pesca, lazer, etc.) e IV) prejuízo a qualidade da água com respeito ao uso na agricultura, indústria e outras atividades econômicas (MEYBECK & HELMER, 1992).

Segundo Meybeck et al (1992), a qualidade de um ambiente aquático pode ser definida: I) segundo a presença de substâncias inorgânicas ou orgânicas em diferentes concentrações e especiações e II) segundo a composição e estrutura da biota aquática presente no corpo d' água. A qualidade das águas superficiais depende do clima e do solo da região, da vegetação circundante, do ecossistema aquático e da influência do homem. Portanto, sofre variações temporais e espaciais em decorrência de processos internos e externos ao corpo d'água.

Para Branco (1991), a expressão “qualidade da água” não se refere a um grau de pureza absoluto ou mesmo próximo do absoluto, mas sim 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, há um grau de pureza desejável, o qual depende do seu uso, que inclui abastecimento, irrigação, industrial, pesca, entre outros.

De acordo com Meybeck & Helmer (1992) a qualidade do ambiente aquático pode ser determinada através de medidas quantitativas, como determinações físicas e químicas (na água, no material particulado e nos organismos) e/ou testes bioquímicos/biológicos (medidas de DBO_5 , testes de toxicidade), ou através de medidas semiquantitativas e qualitativas, tais como índices bióticos, aspectos visuais, inventário de espécies, odor, etc.

Em decorrência das múltiplas atividades humanas, crescentes exponencialmente, mais rios no mundo estão sendo impactados, inclusive aqueles que ficam longe das áreas industriais, por meio do transporte atmosférico de contaminantes. Estes impactos nos sistemas aquáticos podem ser considerados

como um assunto de preocupação mundial. Atividades de monitoramento de rios estão crescendo rapidamente, particularmente sob pressão de organizações nacionais e internacionais, entre elas a Organização Mundial da Saúde - OMS, que dita uma série de padrões para a água potável (MEYBECK & HELMER, 1992).

Como resultado, o número de descritores da qualidade da água excede mais de 100. 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, provavelmente, foi o primeiro a considerar o tempo como uma variável importante. Em 1924, com o compêndio CLARKE'S, de Geoquímica, nasce a era moderna da química das águas em escala mundial. Desde FOREL, a caracterização das águas tem continuamente evoluído devido ao desenvolvimento, além da química analítica, de muitas 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 (MEYBECK, 1996).

TABELA 1 - Qualidade da água de um rio e maiores campos científicos de estudo (MEYBECK, 1996)

	Campo	Tópico	Ponto de convergência
G E O C I Ê N C I A S E N G E N H A R I A	Geoquímica	Origens/processos	Influências do pH e do potencial redox Especiação de compostos traço Dissolvidos vs. Particulados
	Geografia	Taxas de transporte	Variações de elementos maiores; Fluxos anuais, distribuição espacial
	Física	Erosão química vs. mecânica	Variações no regime de transporte de traço químicos
	Hidrologia	Decomposição hidrográfica	
	B I O	Oceanografia	Entradas aos oceanos e mares Nutrientes; contaminantes; matéria Orgânica; fluxos regional e global
	C I Ê	Biogeoquímica	Ciclagem de nutrientes Entradas de C, N, P, Si Interação biológica Deterioração da matéria orgânica Ciclos do Fe, Mn e S
	N C I	Hidrobiologia	Qualidade do ambiente Faixas de concentrações Qualidade extrema Estrutura: tempo/espacial.
	A S	Ecotoxicologia	Bioacumulação Biomagnificação Contaminantes; entradas e especiações; Concentrações extremas.
		Engenharia Ambiental	Padrões de Qualidade da água Estrutura tempo/espacial.
			Inventário de poluentes Fontes difusas/pontuais Tendências Fluxos e concentrações. Taxa de recuperação Perfis longitudinais.
		Engenharia Hidráulica	Erosão em leitos de rios Níveis de SST. Assoreamento de reservatórios Fluxos e regimes.

2.9 Parâmetros para análise da água

Segundo Sperling (1996) os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados, de uma maneira ampla e simplificada, em termos das suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água. As principais características da água podem ser expressas como:

- Características físicas. As impurezas enfocadas do ponto de vista físico estão associadas, em sua maior parte, aos sólidos presentes na água. Estes sólidos podem ser de suspensão, coloidais ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho.

- Características químicas. As características químicas da água podem ser interpretadas através de uma das duas classificações: matéria orgânica ou inorgânica.

- Características biológicas. Os seres presentes na água podem ser vivos ou mortos. Dentre os seres vivos, têm-se os pertencentes aos reinos animal e vegetal, além dos protistas.

Segundo Richter e Netto (1991) a qualidade de uma água é definida por sua composição química, física e bacteriológica. As características desejáveis de uma água dependem de sua utilização. Para o consumo humano, por exemplo, há necessidade de uma água pura e saudável, isto é, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto e odor, de quaisquer organismos capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais. A qualidade de determinada água é avaliada por um conjunto de parâmetros determinados por uma série de análise físicas, químicas e biológicas.

2.9.1 Parâmetros físicos

A caracterização das impurezas físicas da água pode ser feita a partir da classificação dos sólidos por tamanho: sólidos em suspensão ($10^{-3} \mu\text{m} < \text{algas, protozoários e bactérias} > 10^0 \mu\text{m}$), sólidos coloidais ($10^{-3} \mu\text{m} < \text{vírus e bactérias} < 10^0 \mu\text{m}$) e sólidos dissolvidos (sais e matéria orgânica $< 10^{-3} \mu\text{m}$); ou através de suas características químicas.

As principais características físicas da água são: (a) cor, (b) turbidez; (c) sabor; (d) odor; e (e) temperatura.

Segundo Oliveira (1976) estas características exercem certa influência no consumidor leigo, pois dentro de determinados limites não tem relação com inconvenientes de ordem sanitária. Contudo, sendo perceptíveis pelo consumidor, independentemente de um exame, o seu acentuado teor pode causar certa repugnância a consumidores mais ou menos exigentes, pode, também, favorecer

uma tendência para a utilização de águas de melhor aparência, porém de má qualidade sanitária.

- **Temperatura (Graus Celsius – C°)**

De maneira geral, a temperatura da água apresenta pequena variação temporal durante o dia, garantindo a sobrevivência e proliferação dos seres aquáticos. “Mudanças na temperatura podem provocar modificações em outras propriedades da água, tais como: (a) redução da viscosidade pela elevação da temperatura (podendo ocorrer o afundamento de muitos microorganismos aquáticos, principalmente do fitoplâncton); (b) aumento da densidade da água pela redução de temperatura, que ocorre até uma temperatura de 4°C, abaixo da qual a densidade diminui. A água possui densidade máxima 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).

Há que se considerar ainda, que o represamento de um dos rios é um outro fator que contribui para a elevação das temperaturas da água nesta microbacia. A modificação da correnteza, que se torna mais lenta, cria massas de água com

temperaturas das camadas superficiais mais elevadas do que a temperatura média da água do rio (BRANCO e ROCHA, 1976).

2.9.2 Parâmetros químicos

Para Oliveira (1976) as características químicas das águas são provenientes de substâncias dissolvidas, geralmente avaliáveis por meios analíticos. São de grande importância, tendo em vista suas consequências sobre os organismos dos consumidores, ou sob o aspecto higiênico, bem como sob o aspecto econômico. Assinale-se ainda a utilização de certos elementos como cloretos, nitritos e nitratos, bem como o teor de oxigênio consumido como indicadores de poluição, permitindo-se concluir se 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 mg/L - miligrama por litro.

São alguns parâmetros químicos de avaliação da qualidade das águas: (a) potencial hidrogeniônico-pH, (b) sólidos; (c) oxigênio dissolvido; (d) demanda bioquímica de oxigênio; (e) demanda química de oxigênio; (f) ferro total; (g) nitrogênio total e; (h) fósforo total.

- Potencial Hidrogeniônico - pH

O potencial hidrogeniônico é a medida de acidez ou alcalinidade de uma solução. Há uma escala para o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução. Trata-se da escala logarítmica de pH que se estende de 0 (muito ácida) a 14 (muito alcalina).

Assim, tomando como exemplo três amostras de substâncias: (a) pH=6,5; (b) pH=5,5; e (c) pH=4,5; conclui-se que (b) é 10 vezes mais ácida do que (a) e (c) é 100 vezes mais ácida que (a) e 10 vezes mais ácida que (b). Um aumento de uma unidade na escala de pH significa, de fato, uma diminuição de 10 vezes na acidez e um correspondente aumento na alcalinidade da solução.

Segundo a edição da 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. Tais águas tendem a atacar os metais. A concentração dos íons hidrogênio é expressa pelo seu pH. Um pH igual a 7 indica uma solução neutra, nem ácida, nem alcalina. Se for menor que 7, indica uma condição ácida; maior que 7 corresponde a uma solução alcalina. Uma molécula de água (H_2O) tem uma leve tendência de romper-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 a capacidade (oposta a alcalinidade) de neutralização de uma base ou álcali. Embora se considere 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 na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. Os principais constituintes da alcalinidade são 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. No controle de tratamento d'água, a alcalinidade se constitui uma variável importante a ser avaliada, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações (PROJETO ÁGUAS E MINAS, 2005).

- Oxigênio Dissolvido – OD (mg/L)

A introdução de oxigênio na água se dá através de difusão atmosférica ou de atividade fotossintética de plantas aquáticas, sendo, posteriormente, consumido durante a decomposição aeróbia de substâncias orgânicas, oxidação de alguns compostos inorgânicos e respiração de organismos presentes no meio aquático. Em zonas de águas limpas, a concentração de oxigênio dissolvido varia durante o dia. Esta variação diurna depende da intensidade das atividades fotossintéticas e das mudanças de temperatura (PITTER, 1993).

No caso de intensificação das atividades fotossintéticas de plantas aquáticas ou da acentuação da turbulência, pode ocorrer uma supersaturação de oxigênio na água. Uma amostra de água a 15°C tem sua concentração saturada de oxigênio por volta de 10 mg/L. A alta quantidade de oxigênio dissolvido é um importante indicador da qualidade de uma água, assim como, em baixa quantidade, serve de indicador das fontes de poluição causada nas águas superficiais por despejos orgânicos. O oxigênio dissolvido é de vital importância para a sobrevivência dos peixes, sendo que uma concentração de 3,0 à 4,0 mg/L é usualmente considerada baixa para este fim. Em relação à operação de sistemas de tratamento biológico de água, é um importante indicador que serve para monitorar o grau de corrosão e ataque em metais (PITTER, 1993).

Valores de OD inferiores ao valor de saturação podem indicar a presença de matéria orgânica e, valores superiores, a existência de crescimento anormal de algas, uma vez que, como já foi citado, elas liberam oxigênio durante o processo de fotossíntese (PITTER, 1993).

Segundo relatório da Cetesb (2002) a contribuição fotossintética de oxigênio só é expressiva após grande parte da atividade bacteriana na decomposição de matéria orgânica ter ocorrido, bem como após terem se desenvolvido também os protozoários que, além de decompositores, consomem bactérias clarificando as águas e permitindo a penetração de luz. Este efeito pode “mascarar” a avaliação do grau de poluição de uma água, quando se toma por base apenas a concentração de oxigênio dissolvido. Sob este aspecto, águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos), enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação. No entanto, uma água eutrofizada pode apresentar concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos de baixa velocidade onde chegam a se formar crostas verdes de algas na superfície.

Em síntese, o oxigênio dissolvido é consumido por bactérias durante o processo metabólico de conversão da matéria orgânica em compostos simples e inertes, como água e gás carbônico (CO₂). Com isso, crescem e se multiplicam e

mais oxigênio dissolvido é consumido enquanto houver matéria orgânica proveniente das fontes de poluição.

- **Fósforo total (mg/L)**

Segundo Metcalf et al (1991) o fósforo é um importante elemento para o crescimento de algas e outros organismos no meio aquático. As águas drenadas superficialmente e as descargas residuárias domésticas e industriais podem aumentar os níveis de concentração dos componentes de fósforo, promovendo o crescimento excessivo de algas na superfície destes corpos d'água receptores. As descargas residuárias municipais, por exemplo, em média, contém de 4 à 15 mg/L de componentes fosforados. As formas usuais de componentes fosforados encontrados em soluções aquáticas incluem os ortofosfatos, os polifosfatos e os fosfatos orgânicos. Os fosfatos orgânicos são a formas em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos, por outro lado, são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas. Os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos. No entanto, esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque os polifosfatos sofrem hidrólise se convertendo rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais.

Segundo descrito no site Projeto Águas e Minas (2005) a presença de fósforo nas águas pode ter origem na dissolução de compostos do solo (escala muito pequena), despejos domésticos e/ou industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. A utilização crescente de detergentes de uso doméstico e industrial favorece muito o aumento das concentrações de fósforo nas águas. Concentrações elevadas de fósforo podem contribuir, da mesma forma que o nitrogênio, para a proliferação de algas e acelerar, 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 relação ao processo de eutrofização, segundo mostra o site Prossiga (2005), ressalta 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 de 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.

- **Nitrogênio Total (mg/L)**

Para Nuvolari (2003) o reservatório natural de nitrogênio é o ar atmosférico, mistura de gases na qual o N aparece na proporção de 78,08% em volume. Segundo o autor, as plantas absorvem o nitrogênio na forma inorgânica, amoniacal (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), ou ainda na forma orgânica $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}]$. Dentre os chamados nutrientes essenciais, o nitrogênio é o mais importante, pois 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 (situação em que não existe oxigênio dissolvido na água, mas existe nitrato), 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.

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 denuncia 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.

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (mg/L)**

É o consumo de oxigênio que pode ocorrer em meio aquático em função da respiração de organismos vivos presentes nesse meio. Numa definição mais simplista, podemos dizer que a DBO significa o “roubo” de oxigênio que é provocado em um corpo receptor pelo lançamento de uma determinada água residuária. Por exemplo, os esgotos sanitários apresentam $DBO_5^{20^\circ C}$ (a $20^\circ C$ e 5 dias de incubação) na faixa de 200 à 600 mg/L, geralmente. Isso significa que, ao se lançar um litro de esgotos em um rio, ocorrerá uma “retirada” de cerca de 200 à 600 mg de oxigênio em função da respiração dos microorganismos que decompõem os componentes biodegradáveis desse esgoto. Cada pessoa ocasiona, por dia, uma demanda de 40 a 60 g de $DBO_5^{20^\circ C}$ no receptor dos esgotos da cidade, ou seja, grosseiramente pode-se afirmar que cada pessoa é responsável pela demanda de 40 a 60 g por dia de oxigênio do rio, lago ou oceano onde é feito o lançamento de seus esgotos (CAMPOS, 2000).

Segundo Caiado (1999) a Demanda Bioquímica de Oxigênio é definida como a quantidade de oxigênio requerida para a estabilização da matéria orgânica e oxidação de materiais inorgânicos, tais como sulfetos e ferro-ferroso presentes em uma amostra de água. O teste de DBO é um bio-ensaio em que é medido o oxigênio consumido por organismos vivos enquanto utilizam a matéria orgânica presente na amostra de água. Quando executado em águas de rio, este teste mede as condições de poluição por matéria orgânica tanto de origens industriais como urbanas. “A DBO pode ser suficientemente grande, ao ponto de consumir todo o oxigênio dissolvido da água, o que condiciona a morte de todos os organismos aeróbios de respiração subaquática” (AMBIENTE BRASIL, 2005).

2.9.3 Parâmetros biológicos

Segundo Speling (1996) os microorganismos desempenham diversas funções de fundamental importância, principalmente as relacionadas com a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos, sendo que o aspecto de maior relevância em termos da qualidade biológica da água é relativo à possibilidade da transmissão de doenças. A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças

pode ser efetuada de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo de coliformes.

- **Coliformes (NMP / 100 ml)**

O NMP é o número mais provável de bactérias coliformes por 100 mililitros de amostra. Quando se refere ao grupo coliforme, é comum dar-se o nome de coliformes totais, costuma-se denominar de coliformes fecais. Há organismos (bactérias coliformes) que são comensais no trato intestinal de animais de sangue quente em quantidades extremamente grandes, de tal forma que um volume de 100 ml de esgoto doméstico chega a apresentar cerca de 10 à 100 milhões de bactérias coliformes. De maneira geral, pode-se afirmar que a maior parte desses microorganismos não é patogênica e são utilizados apenas como indicadores da potencialidade de contaminação fecal com a possível presença de patogênicos (CAMPOS, 2000).

Para Aisse (2000) todas as bactérias, patogênicas ou saprófitas, exigem, além do alimento, oxigênio para respiração. Algumas podem usar somente oxigênio dissolvido na água, são as chamadas “bactérias aeróbias”, e o processo de que participam na decomposição do esgoto é denominado “decomposição aeróbia ou oxidação”. Esta decomposição não produz maus odores ou outra espécie de incomodo estético. Outros tipos de bactérias subsistem na ausência de oxigênio livre. Esses organismos são denominados “bactérias anaeróbias” e o processo de que participam é chamado “decomposição anaeróbia ou putrefação”.

2.10 Resolução CONAMA

Para verificação dos parâmetros analisados no laboratório, este trabalho toma como base de referência a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, ver 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.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (2005), as águas de Classe 2 podem ser destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00 (2000);
- 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;
- à aquicultura e à atividade de pesca.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (2005), para as águas de Classe 2, são estabelecidas algumas condições que serão utilizadas nas discussões dos resultados deste trabalho:

- coliformes fecais e *Escherichia coli*: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA n.º 274 de 2000 (2.500 coliformes fecais por 100mL ou 2000 *Escherichia coli* por 100mL). Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

- cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;
- pH: 6,0 a 9,0;
- turbidez: até 100 UNT;
- DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;
- OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;
- fósforo total até 0,1 mg/L (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários);
- Nitrato 10,0 mg/L N
- Nitrito 1,0 mg/L N
- Nitrogênio amoniacal total:
 - 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5
 - 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
 - 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
 - 0,5 mg/L N, para pH > 8,5

A Resolução CONAMA 357/05 (2005) não leva em conta os parâmetros sólidos, no entanto, encontra-se em CONAMA 20/86 (2005), fora de vigência, que a quantidade de sólidos dissolvidos totais não deve ultrapassar a quantidade de 500 mg/L.

A Resolução CONAMA 357/05 (2005) também determina algumas condições de lançamento de 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.

2.11 Índice de Qualidade das Águas – IQA

A partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas - IQA, que incorpora 9 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público (CETESB, 2004).

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro segundo uma escala de valores "*rating*". Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, somente 9 foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentados na Figura 2 (CETESB, 2005).

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez (CETESB, 2005).

Segundo CETESB (2005), a equação utilizada para a determinação do índice

de Qualidade das Águas é a Equação 1.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \dots\dots\dots (EQUAÇÃO 1)$$

onde:

IQA : índice de Qualidade das Águas, valor entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100. obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade" na Figura 2, em função de sua concentração ou medida e

W_i : 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 a somatória de W_i deve ser 1, conforme CETESB (2005) dispõe na Equação 2:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \dots\dots\dots (EQUAÇÃO 2)$$

em que:

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

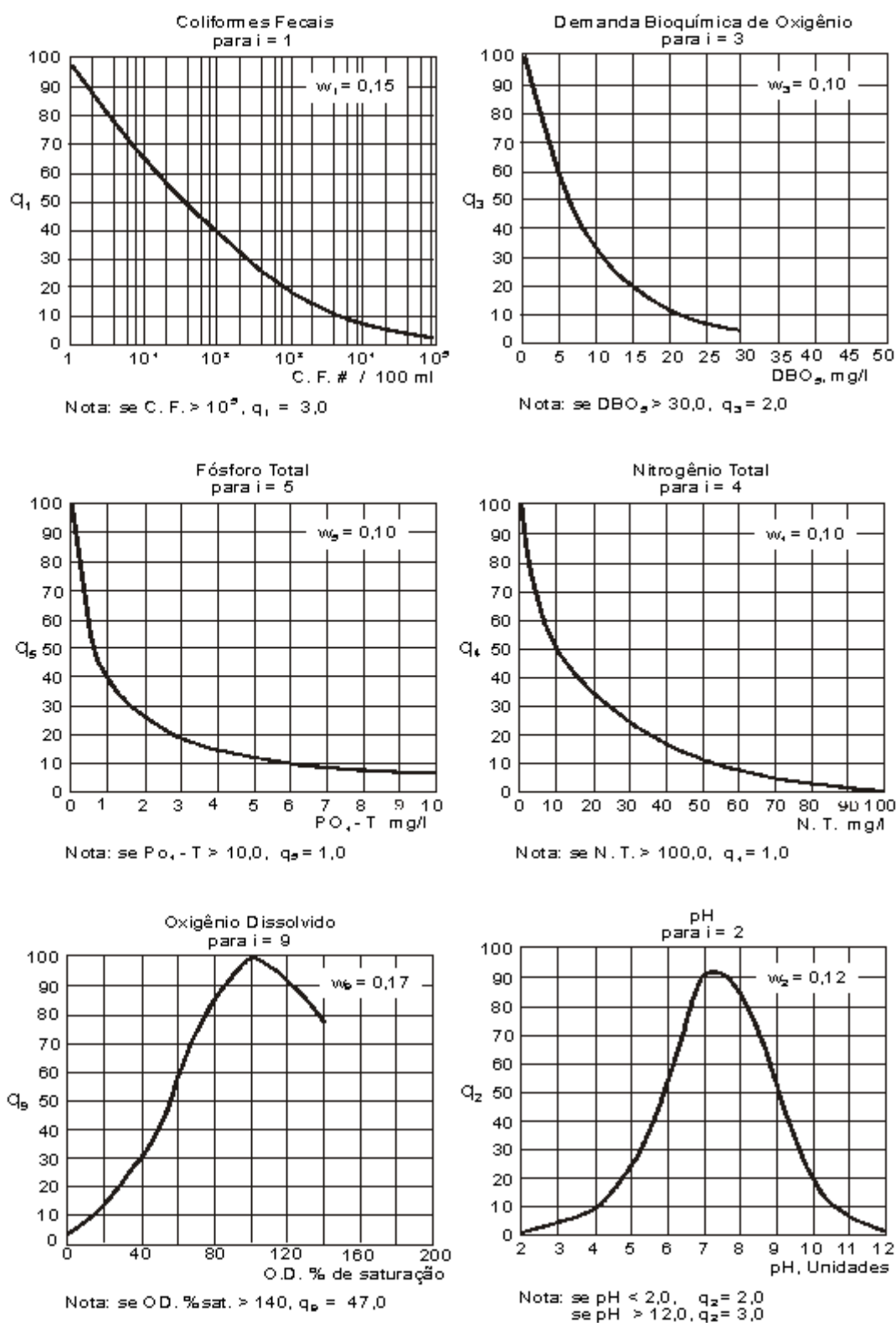


FIGURA 2 (Cont.). Curvas de variação dos parâmetros do IQA. Fonte: Cetesb (2005)

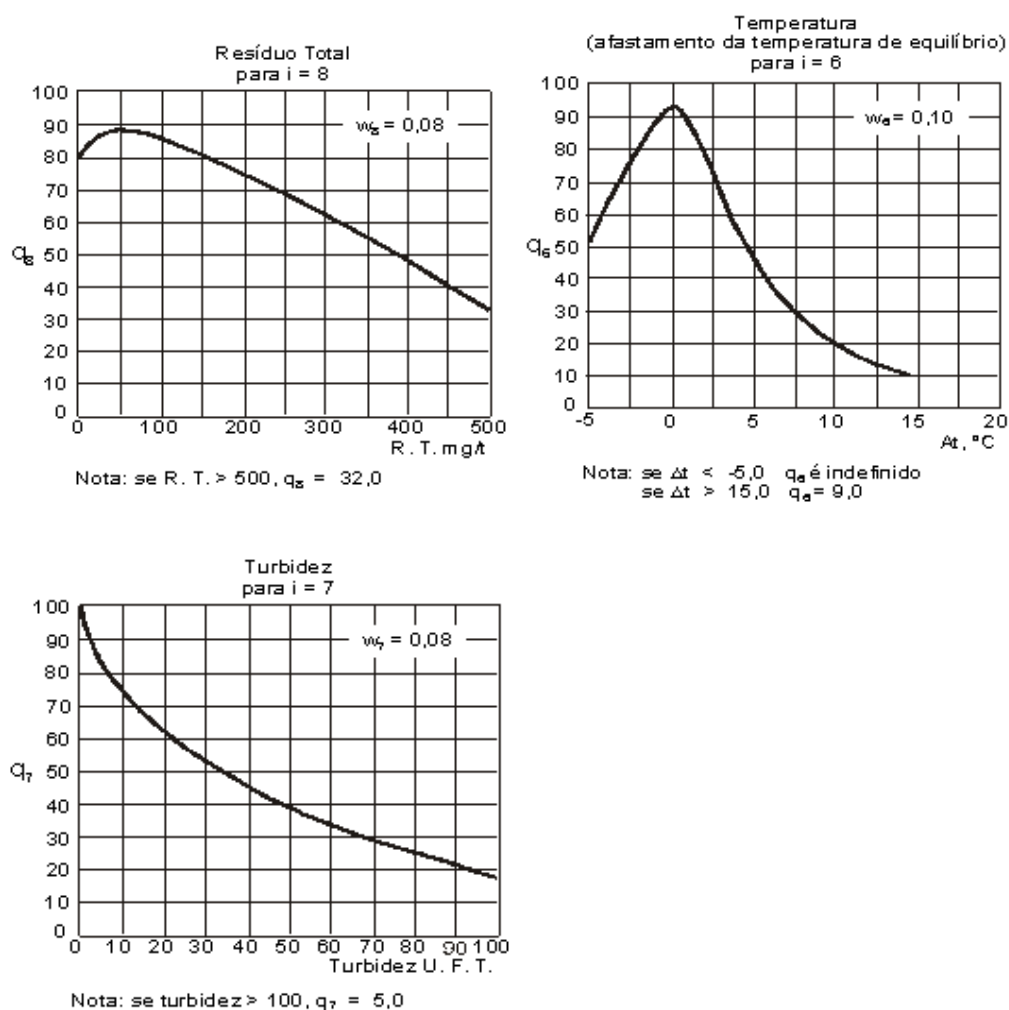


FIGURA 2. Curvas de variação dos parâmetros do IQA. Fonte: Cetesb (2005)

No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado. Porém, a partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas fluviais que, indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, é classificada para abastecimento público, segundo a graduação da Tabela 2:

TABELA 2 - Escala da qualidade da água. Fonte: Adaptado de CETESB (2005).

GRADUAÇÃO	QUALIDADE
$79 < \text{IQA} \leq 100$	Ótima
$51 < \text{IQA} \leq 79$	Boa
$36 < \text{IQA} \leq 51$	Aceitável
$19 < \text{IQA} \leq 36$	Ruim
$\text{IQA} \leq 19$	Péssima

- 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 (RACANICCHI apud MOLINA, 2006).

- Boa (52 a 79): são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, embora possam receber. Em alguns pontos, pequenas ações de degradação, mas que não comprometem a qualidade da água para a manutenção da biota aquática, abastecimento público e produção de alimentos (RACANICCHI apud MOLINA, 2006).

- Aceitável (37 a 51): são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, mas 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 (RACANICCHI apud MOLINA, 2006).

- Ruim (20 a 36): são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo a mesma apenas para navegação e geração de energia (RACANICCHI apud MOLINA, 2006).

- Péssima (0 a 19): são águas encontradas em rios que sofrem graves interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo apenas para navegação e geração de energia (RACANICCHI apud MOLINA, 2006).

Mesmo sendo o IQA um índice bastante reconhecido por pesquisadores, com o intuito de suprir algumas deficiências, neste trabalho foram determinados também ferro total, demanda química de oxigênio, coliformes totais, sólidos dissolvidos e sólidos suspensos.

Em se tratando da demanda química de oxigênio, esta vem complementar os resultados obtidos pela demanda bioquímica de oxigênio. Os coliformes totais foram utilizados para complementar os parâmetros biológicos e os sólidos dissolvidos e suspensos complementam a avaliação de resíduos sólidos cuja representação no IQA é dada apenas pelos sólidos totais.

Além do IQA, existe ainda a resolução federal CONAMA 357/05 (2005), também de grande importância para se avaliar se as condições dos rios são próprias para cada tipo de uso.

2.12 Geoprocessamento

Para este trabalho foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento para análises visuais da bacia hidrográfica em estudo, com o objetivo de melhor identificação das áreas que, possivelmente, estão degradando a bacia do córrego Campestre.

O termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica - SIG permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados geo-referenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Um modelo de representação do ambiente com algumas características do ambiente (“Mundo Real”) é reformulado em forma mais familiar, simplificada, acessível, observável, facilmente apresentada ou controlável, de modo que possam ser extraídas conclusões que, por sua vez, possam ser replicadas ao “Mundo Real” (Ambiente) para melhor compreendê-lo e gerenciá-lo (MENDES & CIRILO, 2001).

Neste contexto, o geoprocessamento é mais uma das técnicas que permitem “modelar” o ambiente através da formulação de mapas.

É muito importante zelar pela qualidade dos recursos hídricos diagnosticando e combatendo o assoreamento, poluentes despejados nos rios, bacias hidrográficas e atmosfera. Neste sentido, gerar mapas georreferenciados e implantar sistemas de geoprocessamento contendo essas informações é fundamental para o adequado gerenciamento e controle desses recursos naturais tão importantes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 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 - SP, o qual localiza-se na Região Centro Oeste do Estado de São Paulo, como mostra a Figura 3. A região urbanizada de Lins, chamada de mancha urbana nas Figuras desse trabalho, possui uma área urbanizada de aproximadamente 20 km²

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

A cidade de Lins possui coleta e tratamento de esgoto, a técnica utilizada para o tratamento é através de lagoas de estabilização, compondo 3 lagoas anaeróbias e 3 facultativas.



FIGURA 3 – Localização de Lins no Estado de São Paulo

Fonte: Adaptado IBGE (2000)

3.2 Software e imagens de satélites

Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizados alguns softwares de geoprocessamento visando a interpretação de imagens de satélite, cálculos de áreas, e conseqüentemente criação de figuras e mapas contendo informações sobre a microbacia em estudo.

3.2.1 Sig-Ctgeo

O SIG-Ctgeo foi desenvolvido pela empresa Centro de Tecnologia em Geoprocessamento - CTGEO, unidade da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação de Lins e tem como principal função a manipulação de vetores com imagens de satélite e armazenamento de informações em banco de dados.

Este software ofereceu recursos que permitiram realizar todas as tarefas relacionadas ao gerenciamento do meio ambiente da área de estudo. Também permitiram realizar diagnósticos e visualização digital dos mapas, fotografias e imagens de satélite, além de consultas temáticas das informações da microbacia do Córrego Campestre.

3.2.2 Satélite SPOT 5

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada imagem do satélite SPOT 5, com resolução 10m, do mês de maio do ano de 2005. Na Figura 4 está representada uma imagem SPOT 5 da região estudada.

Os principais objetivos da utilização do satélite SPOT 5 para esse trabalho foram a identificação, juntamente com a carta do IBGE, o qual esta citado no item 3.2.4, a delimitação da microbacia em estudo e a localização dos pontos de amostragem. Este satélite é considerado como o sistema orbital mais utilizado no monitoramento ambiental. Sua resolução é de 15m.

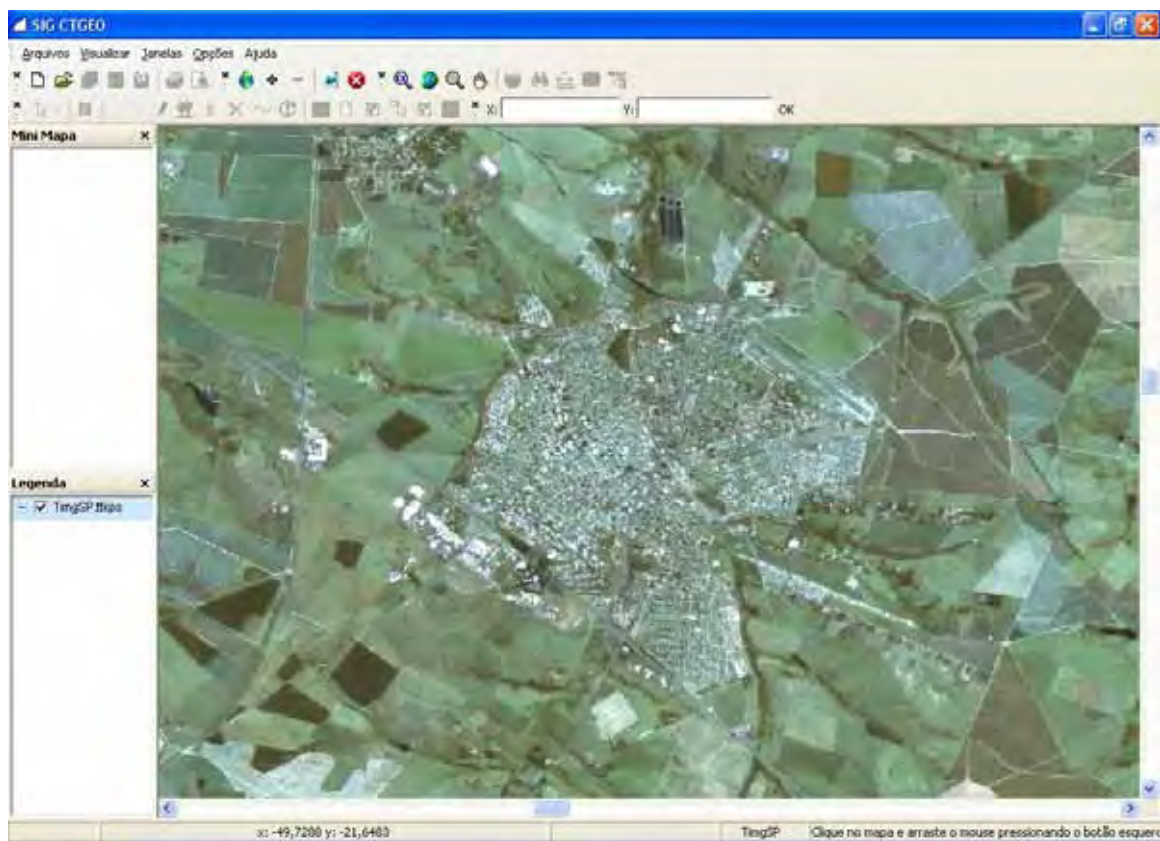


FIGURA 4 – Imagem do Satélite SPOT 5, visualizada pelo Sig-Ctgeo

3.2.3 Satélite Quick Bird

As imagens do satélite Quick Bird, com resolução 0,60m tiveram importante atuação principalmente na confecção do mapa de cursos d'água, delimitação da localização das matas ciliares, identificação do local das fontes poluidoras e também pela localização de melhor visualização dos pontos de estudo. Essas imagens foram adquiridas através de empresas especializadas. Na Figura 5 está representada a imagem do satélite Quick Bird, mostrando uma área com curso d'água em evidencia.

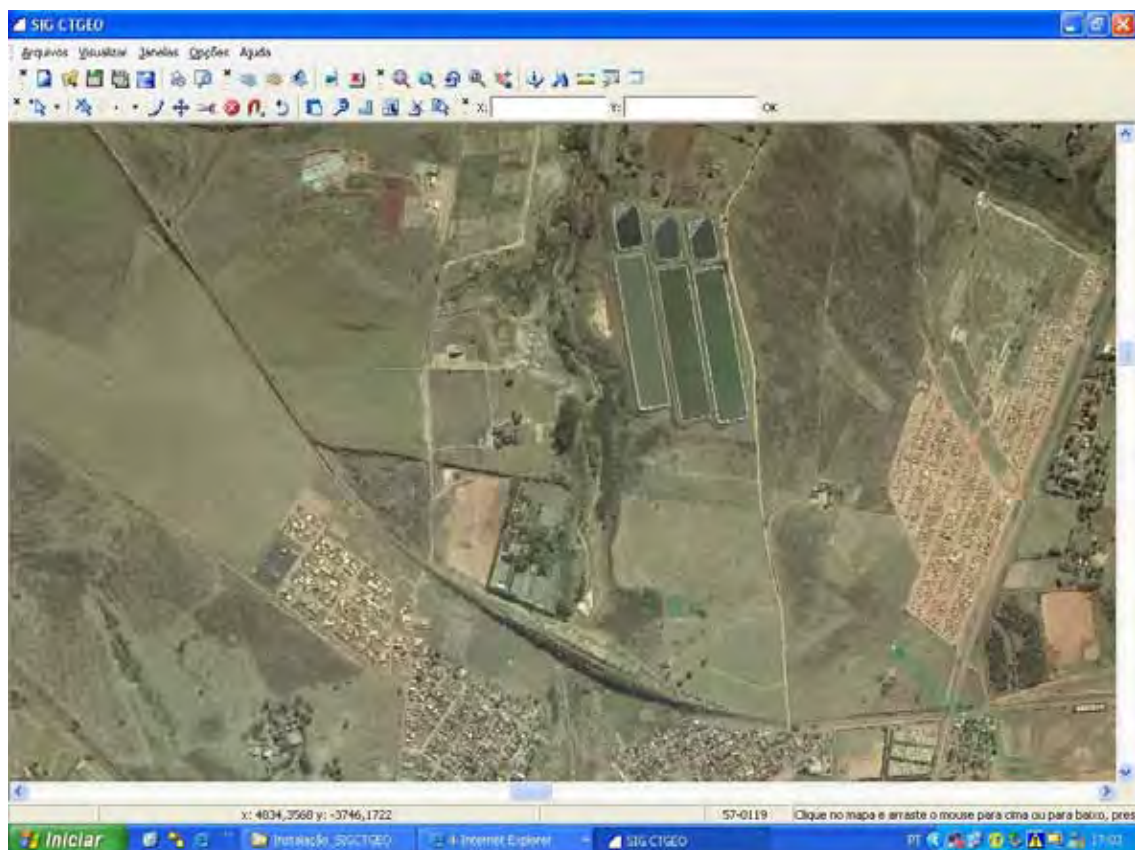


FIGURA 5 – Imagem do Satélite Quick Bird visualizada pelo Sig-Ctgeo

3.2.4 Mapas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

Cartas topográficas na escala de 1:50.000 do IBGE também foram utilizadas como material de trabalho, para delimitação da microbacia, em conjunto com as imagens de satélites e utilização do Software Sig-CTGEO. Os mapas utilizados referem-se as cartas do Município de Lins-SP e Promissão-SP.

3.3 Delimitação e informações sobre a microbacia em estudo

A delimitação da microbacia do Córrego Campestre foi feita a partir das curvas de nível da região, conforme Figura 6, de forma que a área urbana ficasse totalmente compreendida na área de estudo. Isto foi estabelecido com o objetivo de se avaliar a influência, na forma de impactos negativos, que a região urbana exerce sobre a microbacia pesquisada.

As curvas de nível foram digitalizadas através das cartas do IBGE, do Município de Lins e Promissão, cuja escala é de 1:50.000, do ano de 1976. As

curvas de nível estão assinaladas em cor preta e os córregos em azul escuro. A mancha, observada nesta figura, é a região compreendida pela área urbana da cidade de Lins, a qual está delimitada pela cor vermelha com hachuras, inserida nas delimitações da microbacia do Córrego Campestre.

A microbacia do Córrego Campestre possui uma área de 80,14 Km², e os córregos principais são: Córrego Campestre, Córrego Barbosa, Córrego Barbosinha e Córrego Jacintina, conforme Figura 7.

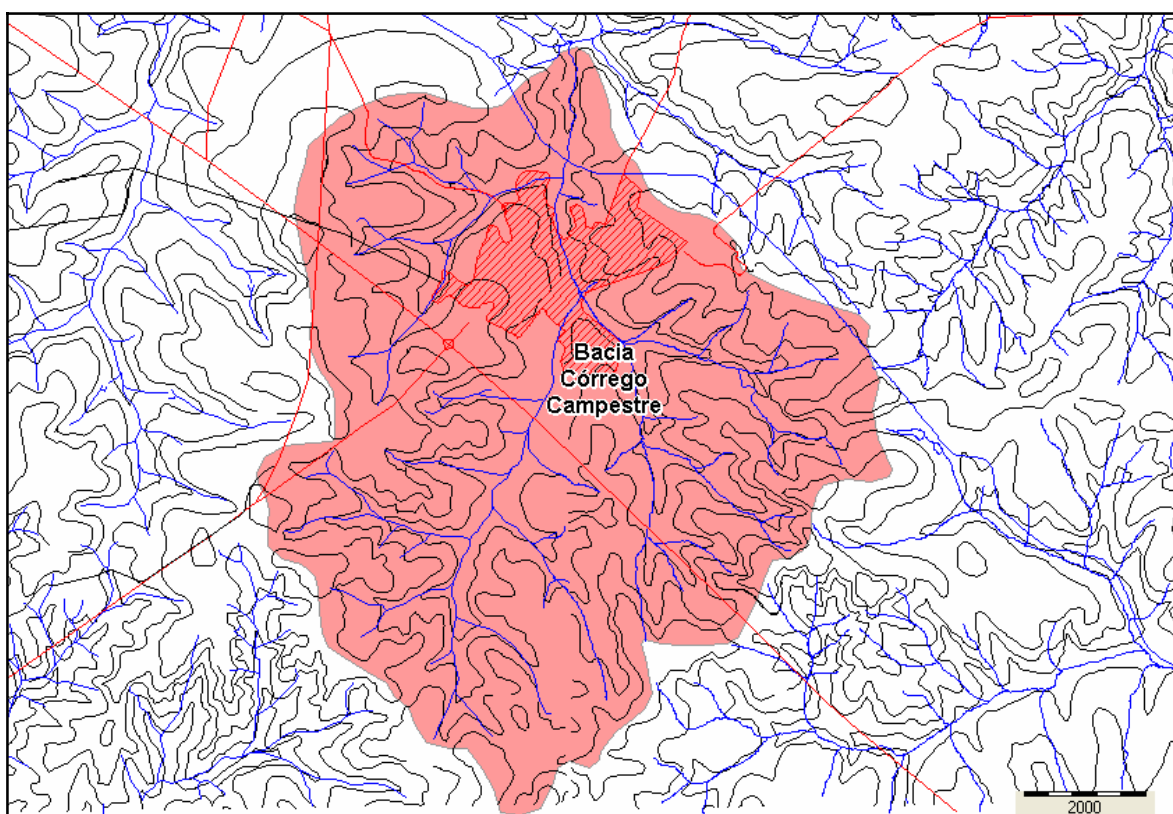


FIGURA 6 – Mapa da delimitação da microbacia do Córrego Campestre, localizada no Município de Lins

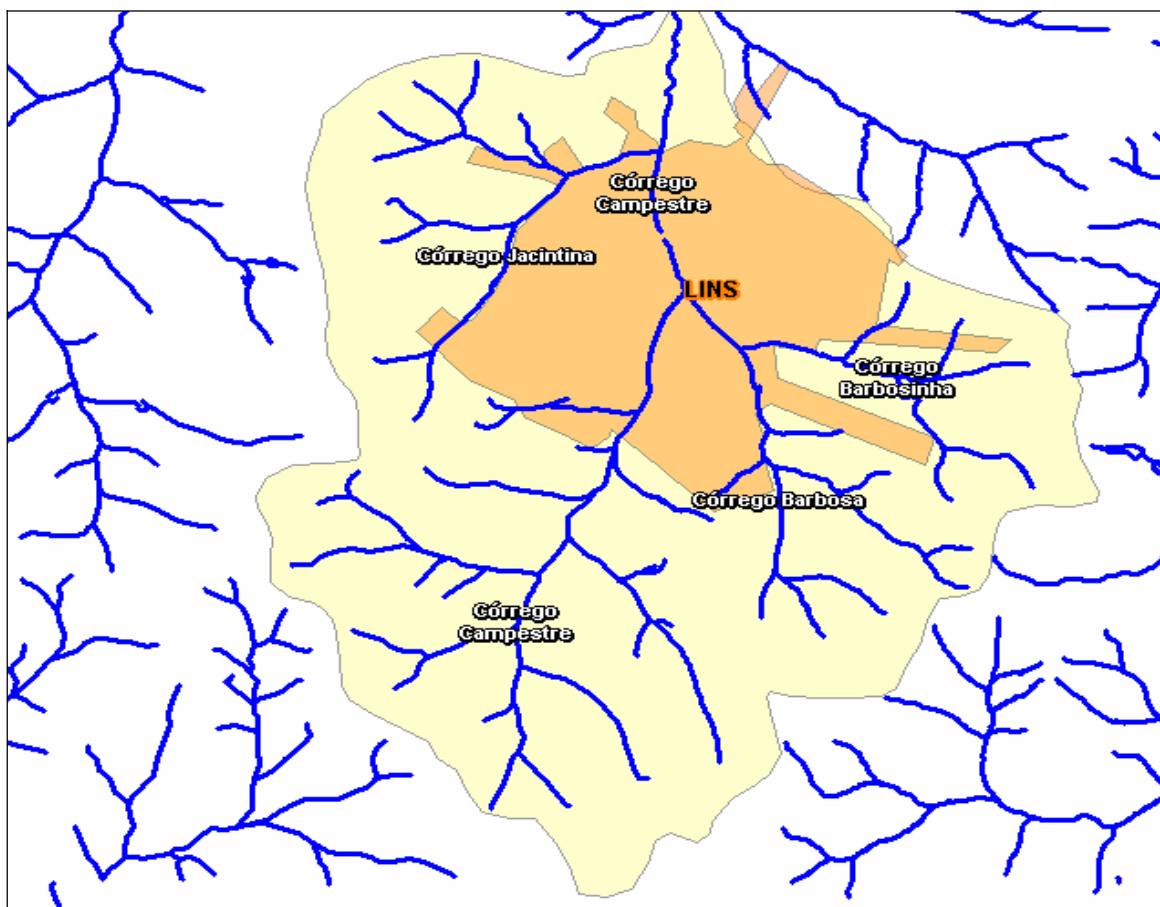


FIGURA 7 – Mapa dos Córregos da microbacia em estudo

3.4 Pontos de amostragem de coleta da água

Para avaliação das condições ambientais da região pesquisada, foram escolhidos previamente 6 (seis) pontos distintos no decorrer do percurso dos córregos localizados na microbacia do Córrego Campestre. Os pontos foram denominados ponto 1, ponto 2, ponto 3, ponto 4, ponto 5 e ponto 6, sendo que para cada um desses pontos foram registradas coordenadas geográficas por meio de aparelho GPS. Pela Figura 8 pode se observar a localização dos pontos de coleta e análise contidas nas delimitações da microbacia do Córrego Campestre.

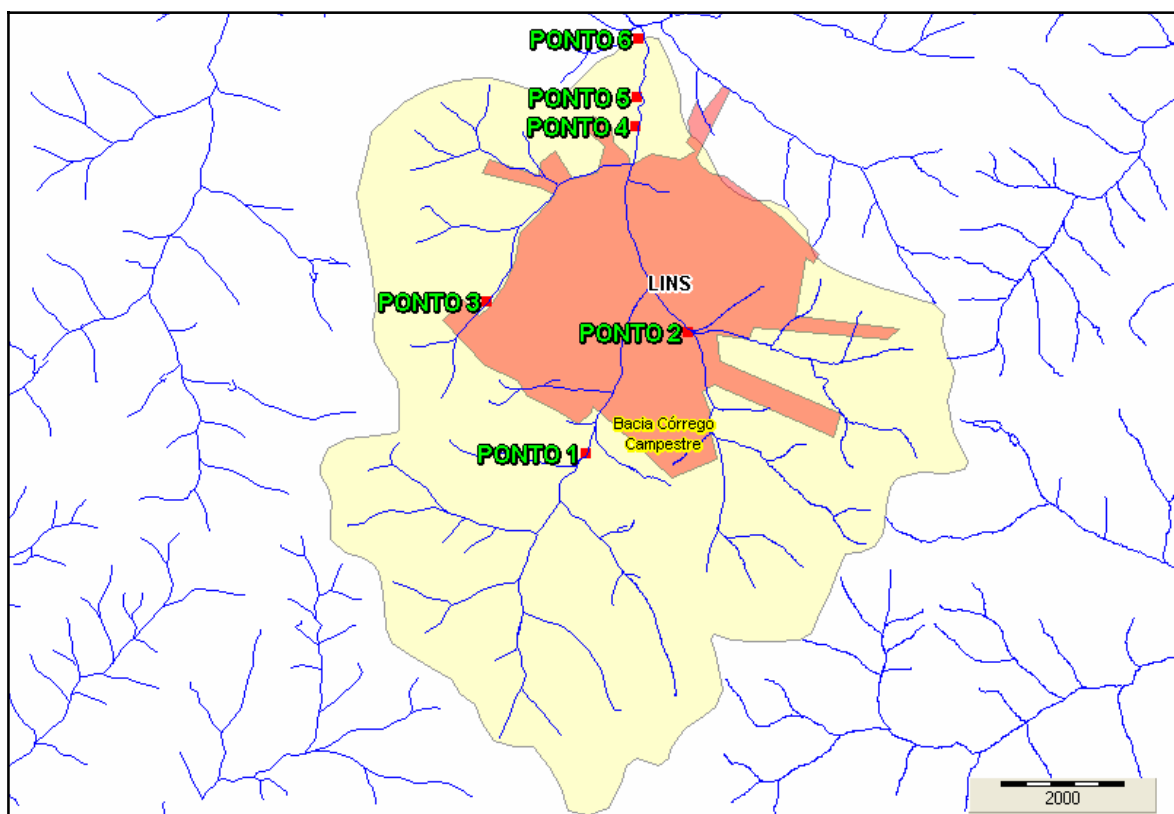


FIGURA 8 – Imagem contendo de forma geral a localização dos 6 pontos definidos para análise da água

O ponto 1 está localizado no Córrego Campestre a montante, isto é, um pouco antes do início da região urbana da cidade de Lins. Este ponto foi escolhido para que se pudesse avaliar a qualidade da água do Córrego Campestre, antes de sua passagem pela região urbanizada. O local pode ser visualizado pelas Figuras 9 e 10.

O ponto 1 apresenta as seguintes coordenadas geográficas:

Datum utilizado: Sad69 (UTM)

Latitude: 628669,2173

Longitude: 7600099,5467



FIGURA 9 – Localização do ponto de coleta 1



FIGURA 10 – Foto do Córrego Campestre, onde está localizado o ponto 1

O ponto 2 está localizado na junção do Córrego Barbosinha com o Córrego Barbosa, na região urbana da cidade de Lins. Este ponto foi escolhido com o objetivo de se avaliar a qualidade da água desses córregos, antes de passarem pela cidade, porém neste ponto já existe a influência de dois bairros da região urbana. O local pode ser visto pelas Figuras 11 e 12.. O encontro entre os Córregos Barbosa e Barbosinha, pode ser visto pela Figura 13, onde pode se observar os dois pontos de saída dos córregos canalizados.

O ponto 2 apresenta as seguintes coordenadas geográficas:

Datum utilizado: Sad69 (UTM)

Latitude: 630376,2920

Longitude: 7602017,6252



FIGURA 11 – Localização do ponto de coleta 2



FIGURA 12 – Foto do Córrego Barbosa, onde está localizado o ponto 2



FIGURA 13 – Foto do encontro dos Córregos Barbosa e Barbosinha, onde está localizado o ponto 2

O ponto 3 está localizado no início do Córrego Jacintina, a montante da região mais urbanizada da cidade de Lins. Este ponto foi escolhido para que se pudesse avaliar a qualidade da água do Córrego, antes de passar pela região, pois neste ponto já ocorre influência de pequena parte de um bairro da área urbana e de uma indústria de grande porte. O local pode ser observado pelas Figuras 14 e 15.

O ponto 3 apresenta as seguintes coordenadas geográficas:

Datum utilizado: Sad69 (UTM)

Latitude: 627164,7350

Longitude: 7602655,8184



FIGURA 14 – Localização do ponto de coleta 3



FIGURA 15 – Foto do Córrego Jacintina, onde está localizado o ponto 3

O ponto 4 está localizado no Córrego Campestre a jusante, isto é, um pouco após a região urbana da cidade de Lins, porém antes da saída de despejo da ETE. Este ponto foi escolhido para que se pudesse avaliar a qualidade da água do Córrego Campestre depois do seu percurso por toda a extensão da região urbanizada de Lins. O local pode ser visto pelas Figuras 16 e 17.

O ponto 4 apresenta as seguintes coordenadas geográficas:

Datum utilizado: Sad69 (UTM)

Latitude: 629505,7962

Longitude: 7605377,0283



FIGURA 16 – Localização do ponto de coleta 4



FIGURA 17 – Foto do Córrego Campestre, onde está localizado o ponto 4

O ponto 5 está localizado no Córrego Campestre, após a região urbana da cidade de Lins, porém à 10 metros da saída de despejo da ETE. A adoção deste ponto para coleta, foi para que se pudesse melhor avaliar a qualidade da água do Córrego Campestre, após o seu percurso por toda a extensão da região urbanizada e para analisar se houve influência considerável da ETE sobre este curso d'água. O local pode ser visto pelas Figuras 18, 19, 20 e 21.

O ponto 5 apresenta as seguintes coordenadas geográficas:

Datum utilizado: Sad69 (UTM)

Latitude: 629549,3289

Longitude: 7605837,8603



FIGURA 18 – Localização do ponto de coleta 5



FIGURA 19 – Localização mais próxima do ponto de coleta 5, mostrando a saída da ETE



FIGURA 20 – Foto do Córrego Campestre, onde está localizado o ponto 5.



FIGURA 21 – Foto do Córrego Campestre na saída de despejo da ETE, próximo do ponto 5.

O ponto 6 está localizado no Córrego Campestre na sua posição mais a jusante, após ter percorrido a região urbana da cidade de Lins, ETE e todos os demais pontos que possivelmente influenciam a qualidade de suas águas. Este ponto foi escolhido para coleta visando-se avaliar a qualidade da água do Córrego Campestre bem como analisar um possível processo de autodepuração no decorrer do seu percurso. O local, pode ser visto pelas Figuras 22 e 23.

O ponto 6 está na coordenada geográfica:

Datum utilizado: Sad69 (UTM)

Latitude: 629576.0490

Longitude: 7606812.7603



FIGURA 22 – Localização do ponto de coleta 6



FIGURA 23 – Foto do Córrego Campestre, onde está localizado o ponto 6.

3.5 Coleta e análise da água

Para elaboração deste trabalho foi necessário o levantamento de algumas informações em campo, conforme descrito abaixo:

Foram inicialmente realizadas visitas aos locais das investigações, isto é, os pontos onde foram efetuadas as coletas das amostras. Uma vez definidos os pontos de amostragens, foram feitas visitas nos meses pré-programados para coleta e análise da água dos cursos d'água, cujas amostras foram preservadas de acordo com o Guia Técnico de Coleta de Amostras – CETESB, para a realização dos ensaios. A realização de amostragens nas sete visitas possibilitou proceder a avaliação da dinâmica de funcionamento dos sistemas aquáticos nos períodos de seca e chuva.

- Análises de campo

Alguns ensaios foram realizados no próprio local de amostragem, por meio de equipamentos pertencentes ao Laboratório de Análises Químicas e Controle Industrial – LACI. Sendo assim foi analisada diretamente no campo a temperatura (°C), com equipamento analógico, e o pH da água, com equipamento eletrônico digital, podendo-se obter os dados no próprio local.

Dentro desse processo de coleta de informações em campo, foi ainda verificada a integridade ecológica da vegetação da microbacia, a ocorrência de fontes pontuais de contaminação da água e pontos de degradação do solo, completando dessa forma, o levantamento das condições de cada local da área de estudo.

- Métodos de Coleta

Foram realizadas 7 coletas no período de 9 meses, com início no mês abril/2006 a dezembro/2006, o que permitiu avaliar possíveis alterações importantes na qualidade da água, dentro de critérios que contemplem a sazonalidade nos períodos de chuva e seca.

- **Frascos de coleta**

Os frascos utilizados nas amostragens eram identificados e o respectivo ponto anotado para fácil reconhecimento no laboratório, conforme Figura 24.

Todas as amostras foram coletadas de modo a não haver interferências no local da coleta, evitando-se movimentos bruscos dos frascos com água para não alterar as condições originais das amostras.



FIGURA 24 – Foto dos frascos utilizados nas coletas

- **Coleta dos dados de temperatura**

Os dados de temperatura local foram coletados por termômetro graduado à partir de 1°C. O termômetro para coleta da temperatura local era exposto ao ar sem

interferência de qualquer fenômeno natural ou artificial para preservar as condições do ambiente.

A temperatura das amostras era obtida colocando-se o termômetro dentro do frasco que continha cada amostra, imediatamente após sua coleta, retratando assim as condições ambientais do local.

- **Preservação das amostras das coletas em laboratório**

As amostras, coletadas através dos frascos descritos anteriormente eram armazenadas em caixas térmicas, mantendo-se assim as condições ideais para a sua preservação, conforme Figuras 25 e 26.



FIGURA 25 – Foto das caixas térmicas utilizadas para armazenamento das amostras



FIGURA 26 – Foto das amostras dentro da caixa térmica utilizada para armazenamento

- **Ensaio no local**

Para a determinação laboratorial do oxigênio dissolvido - OD (mg/L) deve-se fixar o oxigênio através de ensaio no próprio local da coleta. Assim sendo, as amostras destinadas ao ensaio laboratorial de OD foram coletadas em frascos de vidro, limpos e desinfetados, evitando-se movimentação ou agitação após retirá-las do curso d'água, para que não houvesse alteração das condições originais. Para fixação do oxigênio foram adicionados dois reagentes, sendo eles o sulfato manganoso e a ázida sódica, conforme mostra a Figura 27. Após a reação ter sido concretizada a amostra era armazenada em caixa térmica.



FIGURA 27 – Foto dos frascos contendo os reagentes químicos: sulfato manganoso e ázida sódica

- Tempo e transporte das amostras

O tempo de amostragem era de aproximadamente 3 (três) horas, para coleta em todos os pontos, isto é de 1 a 6. O transporte era realizado por meio de automóvel com ar condicionado, visando-se preservar ao máximo as amostras coletadas.

Em seguida estas eram encaminhadas ao laboratório do LACI para passarem pelos processos normais de análises laboratoriais.

3.6 Análises de laboratório

Considerando-se que a microbacia está localizada no Município de Lins, para maior facilidade, as análises das amostras foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas e Controle Industrial - LACI, pertencente a Fundação Paulista de

Tecnologia e Educação. Os relatórios das análises dos ensaios eram disponibilizados aproximadamente 15 dias após cada coleta. Para verificar como era o relatório completo de uma coleta de todos os pontos, produzido pelo LACI.

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 – 19º 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: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); Sólidos suspensos totais (mg/L).

Parâmetros químicos: pH, Nitrogênio Total (mg/L), Fósforo Total (mg/L), Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO (mg/L), Oxigênio Dissolvido OD (mg/L).

Parâmetros biológicos: Coliformes Fecais e Totais (NPM/100 ml).

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

A Temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) e o pH foram analisados pelo método Eletrométrico, por meio de pHmetro de membrana.

As análises de Nitrogênio Total (mg/L), foram realizadas por meio de digestão ácida utilizando-se o espectrômetro de absorção atômica, onde foram determinados os nitritos e nitratos orgânico e amoniacal formando assim o Nitrogênio Total.

A quantidade de OD (mg/L) foi determinada através do método de Winkler modificado, por meio de titulador.

A DBO foi determinada pelo Método das diluições, incubado a 20°C por período de 5 dias através de titulador.

A quantidade de sólidos suspensos totais (mg/L) foi determinada pelo método Gravimétrico, utilizando-se cápsula de porcelana, disco de microfibras de vidro, balança eletrônica de precisão, estufa a temperatura de 120°C e dissecador/Pyrex//200mm.

4 RESULTADOS

A Tabela 3, mostra os resultados obtidos das várias coletas e análises da água referentes aos seis pontos de estudo da microbacia do Córrego Campestre.

TABELA 3 – Resultados obtidos das análises laboratoriais dos parâmetros da água nos seis pontos de coleta.

Identificação do Porto	Data da Coleta	Coliformes (NMP/100 ml)	Ph	DBO(mg/L)	Nitrogênio Total(mg/L)	Fósforo Total(mg/L)	T (°C) CAMPO	Turbidez (uT)	Sólidos Totais Dissolvidos(mg/L)	Oxigênio Dissolvido(mg/L)
Ponto 1	24/04/06	9,30E+03	6,37	3,00	5,30	0,02	20,00	3,50	91,00	7,30
Ponto 1	26/06/06	9,30E+02	7,27	1,50	0,40	0,10	21,00	3,38	85,00	7,70
Ponto 1	30/07/06	9,30E+03	7,30	1,80	0,34	0,07	20,00	3,18	83,00	7,80
Ponto 1	28/08/06	9,30E+02	7,85	1,50	0,50	0,04	16,00	2,98	90,00	7,90
Ponto 1	03/10/06	9,30E+02	7,09	3,00	0,03	0,16	24,00	3,22	88,00	6,70
Ponto 1	29/11/06	2,40E+04	7,43	3,70	16,30	0,52	26,00	4,22	72,00	5,60
Ponto 1	11/12/06	4,30E+04	7,10	4,00	6,07	4,10	29,00	11,30	105,00	5,80
Ponto 2	24/04/06	4,30E+04	6,63	10,00	7,85	0,07	19,00	14,50	138,00	7,70
Ponto 2	26/06/06	2,40E+04	7,48	5,00	3,52	0,18	20,00	32,60	158,00	8,00
Ponto 2	30/07/06	4,30E+04	7,50	3,00	2,93	0,15	19,00	9,19	139,00	8,30
Ponto 2	28/08/06	2,40E+03	7,84	1,40	0,85	0,10	17,00	13,60	114,00	8,20
Ponto 2	03/10/06	9,30E+04	7,44	2,50	0,51	0,18	24,00	16,30	115,00	7,10
Ponto 2	29/11/06	4,30E+07	7,46	4,00	11,40	0,46	26,00	29,80	143,00	6,60
Ponto 2	11/12/06	4,30E+07	7,52	6,00	16,64	3,80	29,00	28,30	181,00	6,40
Ponto 3	24/04/06	2,40E+05	7,36	15,00	7,50	1,10	18,00	14,00	715,00	2,40
Ponto 3	26/06/06	9,30E+05	7,47	38,00	5,88	1,58	21,00	12,00	706,00	2,90
Ponto 3	30/07/06	2,40E+05	8,60	11,00	34,34	0,70	20,00	23,30	731,00	5,40
Ponto 3	28/08/06	2,40E+05	7,98	5,00	6,03	0,20	18,00	15,30	690,00	6,60
Ponto 3	03/10/06	9,30E+06	7,64	12,00	22,30	0,25	26,00	16,30	790,00	4,00
Ponto 3	29/11/06	4,30E+05	7,62	19,00	15,50	0,97	26,00	73,40	941,00	5,50
Ponto 3	11/12/06	2,40E+05	7,32	8,00	18,67	4,60	29,00	53,70	449,00	5,50
Ponto 4	24/04/06	9,30E+04	6,84	4,00	9,00	0,03	18,00	8,50	204,00	7,80
Ponto 4	26/06/06	2,40E+04	7,48	3,50	3,39	0,16	19,00	6,57	215,00	7,10
Ponto 4	30/07/06	2,40E+04	7,20	1,60	15,38	0,12	18,00	7,49	200,00	7,60
Ponto 4	28/08/06	2,40E+04	7,86	1,60	0,89	0,07	15,00	8,17	247,00	8,10
Ponto 4	03/10/06	4,30E+04	7,26	3,00	0,52	0,18	25,00	20,10	178,00	6,34
Ponto 4	29/11/06	1,50E+06	7,50	5,00	30,20	0,66	26,00	79,80	261,00	6,50
Ponto 4	11/12/06	4,30E+06	7,16	5,00	17,17	5,50	29,00	46,60	257,00	5,00
Ponto 5	24/04/06	9,30E+05	7,30	76,00	31,80	5,10	19,00	3,15	550,00	5,10
Ponto 5	26/06/06	4,30E+05	7,45	55,00	17,56	3,30	20,00	7,88	369,00	5,90
Ponto 5	30/07/06	2,40E+05	7,20	32,00	15,30	2,00	19,00	3,80	294,00	5,50
Ponto 5	28/08/06	2,40E+04	7,91	32,00	16,35	1,81	17,00	38,90	367,00	2,70
Ponto 5	03/10/06	2,40E+05	7,25	68,00	53,70	1,56	26,00	6,31	458,00	0,70
Ponto 5	29/11/06	9,30E+05	7,40	43,00	50,40	3,86	26,00	46,30	571,00	4,10
Ponto 5	11/12/06	2,40E+06	7,30	25,00	25,16	5,60	30,00	55,90	392,00	3,90
Ponto 6	24/04/06	4,30E+05	7,01	17,00	12,51	0,92	19,00	6,50	286,00	6,60
Ponto 6	26/06/06	4,30E+04	7,54	29,00	14,68	2,00	20,00	3,44	287,00	5,00
Ponto 6	30/07/06	4,30E+05	7,10	25,00	11,84	1,40	19,00	3,09	259,00	5,30
Ponto 6	28/08/06	4,30E+04	7,79	13,00	6,12	0,85	16,00	20,40	289,00	0,70
Ponto 6	03/10/06	4,30E+05	7,15	16,00	0,50	0,88	27,00	5,50	232,00	4,80
Ponto 6	29/11/06	9,30E+05	7,18	22,00	17,90	1,35	26,00	38,70	275,00	5,00
Ponto 6	11/12/06	9,30E+05	7,20	14,00	15,65	5,80	29,00	49,50	332,00	4,00

4.1 Estatística exploratória e temporal dos parâmetros analisados

Todos os resultados da análise temporal das variáveis físico-químicas e bacteriológicas estudadas, referem-se ao período de abril a dezembro de 2006, para os pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Por meio das análises das figuras que se seguem, pode-se visualizar o comportamento de cada variável durante o período de observação.

Os resultados obtidos nas análises de tendência central e variabilidade temporal das nove variáveis físico-químicas e bacteriológicas, estão apresentados na Tabela 3. Para cada variável foram ainda, discutidas, as hipóteses de variação em decorrência da sazonalidade nos pontos, e em relação aos padrões definidos pela Resolução CONAMA 357/05 para um rio Classe II.

- Turbidez

Para o parâmetro Turbidez, o limite estabelecido, pela Resolução CONAMA 357/05 para Rios de classe II, é de até 100 NTU.

Na Figura 28, podem ser observadas as variações sazonais ao longo do período de coletas, com valores mínimos registrados no período de estiagens (entre os meses de abril e outubro), e máximos, no período das chuvas.

A curva do ponto 1 evidencia que a turbidez, manteve-se baixa ao longo do período estudado, devido à inexistência de fatores que influenciaram na sua sazonalidade, variando seu valor de 2,98 a 11,30 NTU, ficando abaixo do limite que estabelece a Resolução CONAMA 357/05. No caso do ponto 2, os valores variaram de 9,19 a 32,60 NTU, demonstrando que somente no período de chuva houve um acréscimo na variável, que não ultrapassou porém, o limite da Resolução CONAMA 357/05. O ponto 3, sobressaiu-se em relação aos demais pontos, com variações de 12,00 a 73,40 NTU, no entanto, seus valores não superaram o limite estabelecido pela Resolução. Com relação ao ponto 4, seus valores ficaram entre 6,57 e 79,80 NTU, portanto abaixo de 100 NUT. Dessa forma, embora elevados quando comparados aos demais pontos, seus valores não ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA. No caso do ponto 5, os valores variaram de 3,15 a 55,90 NTU, demonstrando que somente no período de chuva houve

acréscimo na variável, não ultrapassando no entanto, o limite da Resolução CONAMA 357/05. O ponto 6 teve seus valores variando de 3,09 a 49,50 NTU.

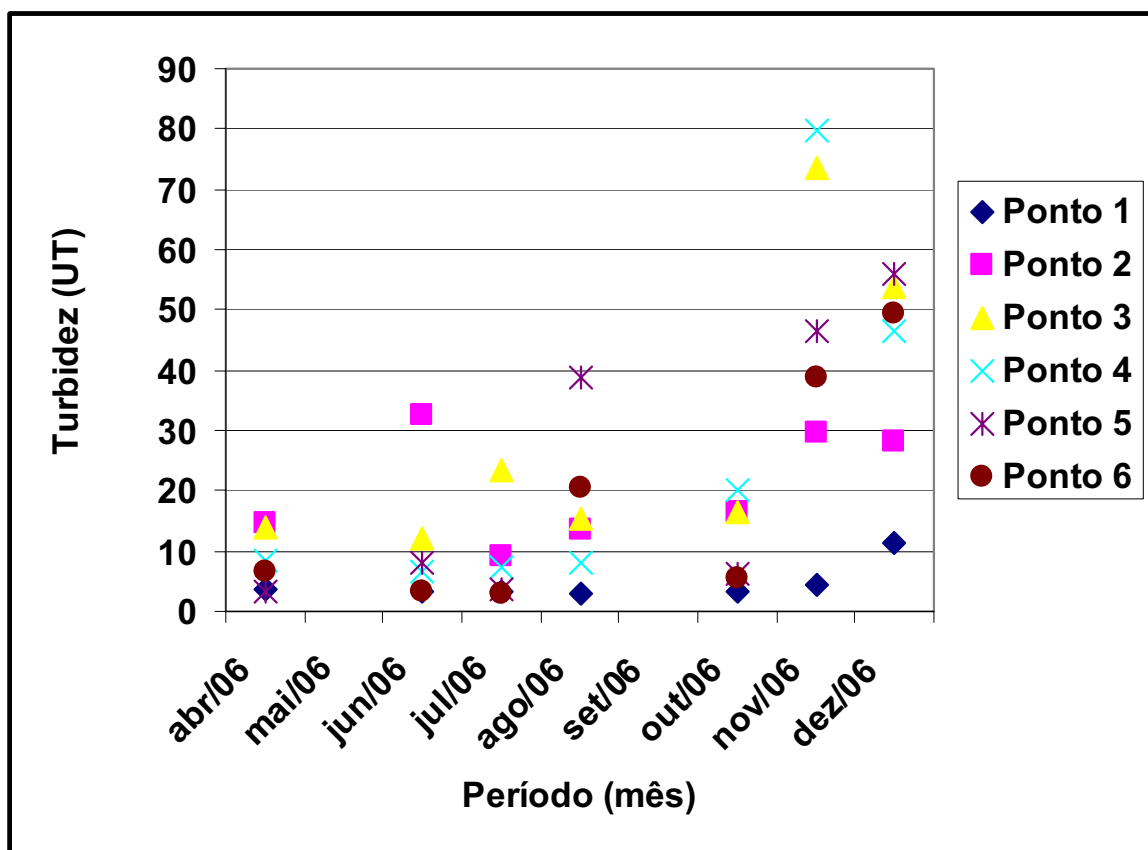


FIGURA 28 – Valores de Turbidez nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

- Temperatura da Água

Na Figura 29 são mostradas as variações sazonais com os valores mínimos registrados no período de estiagem (estação de inverno), e temperaturas máximas na época de chuvas (estação mais quente).

Para a Temperatura o limite estabelecido, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 para Rios de classe II, é de até 40 °C.

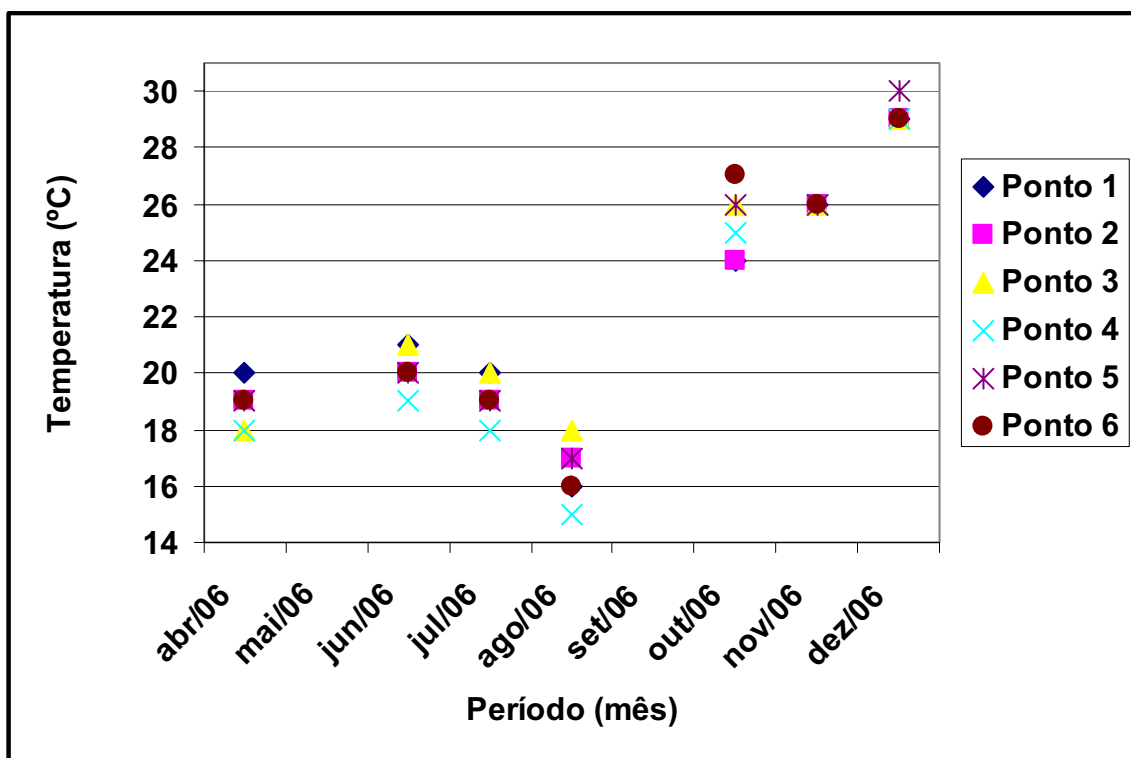


FIGURA 29 – Valores de Temperatura nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

No ponto 1, a temperatura mínima da água foi de 16°C, a máxima de 29 °C e a mediana de 21 °C. No ponto 2, registrou-se a mínima de 17 °C e a máxima de 29 °C, com uma mediana de 20 °C. No ponto 3, a temperatura da água ficou entre 18 °C e 29 °C e a mediana alcançou 21 °C. No caso do ponto 4, a temperatura mínima da água foi de 15 °C, a máxima de 29 °C e a mediana de 19 °C. No ponto 5, registrou-se a mínima de 17 °C e a máxima de 30 °C, com uma mediana de 20 °C. No ponto 6, a temperatura da água ficou entre 16 °C e 29 °C e a mediana alcançou 20 °C. Todos os resultados obtidos estão, portanto, dentro do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para Rios de classe II.

- Potencial Hidrogeniônico – pH

A variação do pH ocorreu em todos os seis pontos com a mesma intensidade, conforme Figura 30, com menores variações no período de seca.

Para o parâmetro pH, o limite estabelecido, pela Resolução CONAMA 357/05 para Rios de classe II, está entre um mínimo de 6 e máximo de 9.

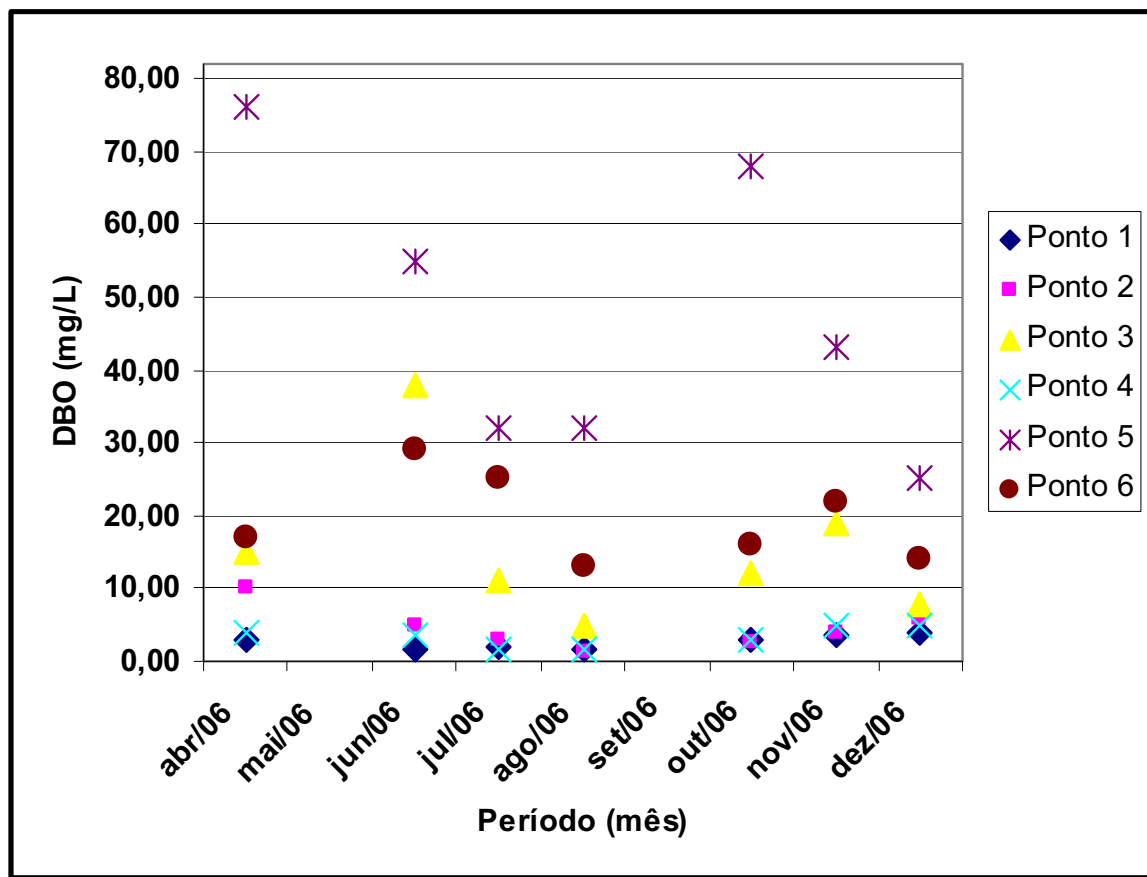


FIGURA 30 – Valores de pH nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

Com relação aos valores de pH, os seguintes valores foram registrados: no ponto 1, uma faixa de variação entre 6,37 e 7,85, com uma mediana de 7,27. O ponto 2 demonstrou variações entre 6,63 e 7,84, sendo a mediana de 7,48. Quanto ao ponto 3, o pH mínimo registrado foi de 7,32, elevando-se até 8,60, que foi o maior índice observado entre todos os pontos, como pode ser observado pela Figura 30, sendo a mediana de 7,62. O ponto 4, mostrou uma variação entre 6,84 e 7,86 com uma mediana de 7,26. O ponto 5, mostrou uma faixa de variação entre 7,20 e 7,91, com uma mediana de 7,30. O ponto 6 demonstrou variações entre 7,01 e 7,79, sendo a mediana de 7,18.

- Sólidos Totais

Os valores de concentração dos sólidos totais podem ser observados na Figura 31, a qual mostra valores levemente maiores no período de chuvas e menores no período de seca.

Para os Sólidos Totais o limite estabelecido, pela Resolução CONAMA 357/05 para Rios de classe II, não deverá alcançar o limite máximo de 500 mg/L.

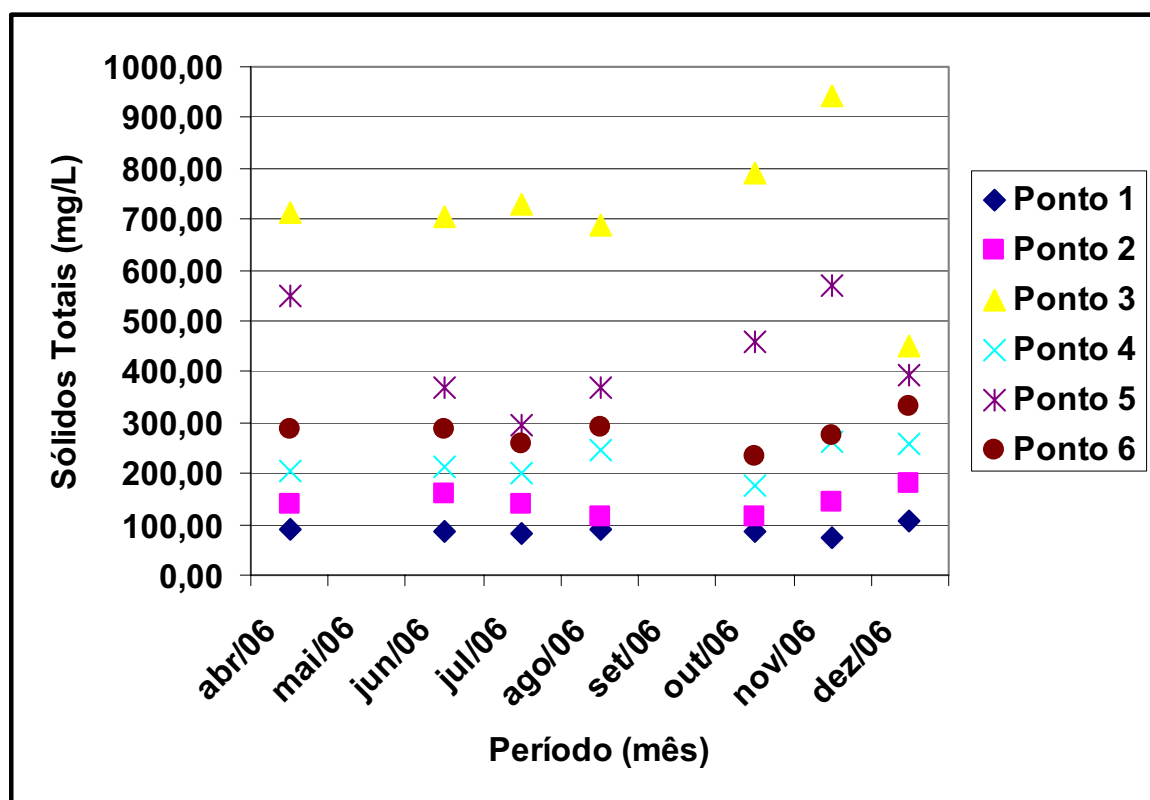


FIGURA 31 – Valores de Sólidos Totais (mg/L) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

Verifica-se que em todos os pontos de amostragem houve variações significativas durante o período de coleta. No ponto 1, os valores mínimo e máximo foram respectivamente de 72,00 e 105,00 mg/L, com mediana de 88,00 mg/L. No ponto 2, os valores variaram entre 114,00 e 181,00 mg/L, com mediana de 139,00 mg/L. No ponto 3, observou-se valores mínimo e máximo de 449,00 e 941,00 mg/L, com mediana de 715,00 mg/L. No caso do ponto 4, o valor mínimo foi de 178,00 mg/L, o máximo de 261,00 mg/L e a mediana de 215,00 mg/L. No ponto 5, registrou-

se o mínimo de 294,00 mg/L e o máximo de 571,00 mg/L, com uma mediana de 313,00 mg/L. No ponto 6, a concentração da água ficou entre 232,00 mg/L e 571,00 mg/L e a mediana alcançou 380,50 mg/L.

- Oxigênio Dissolvido - OD

A Figura 32 mostra a variação temporal dos valores de oxigênio dissolvido nos pontos 1 a 6, onde são visíveis as alterações entre os valores nos períodos de seca e chuva, principalmente nos pontos 1, 2, 4 e 6.

Para o Oxigênio Dissolvido o limite estabelecido, pela Resolução CONAMA 357/05 para Rios de classe II, não deverá ser menor que 5,00 mg/L.

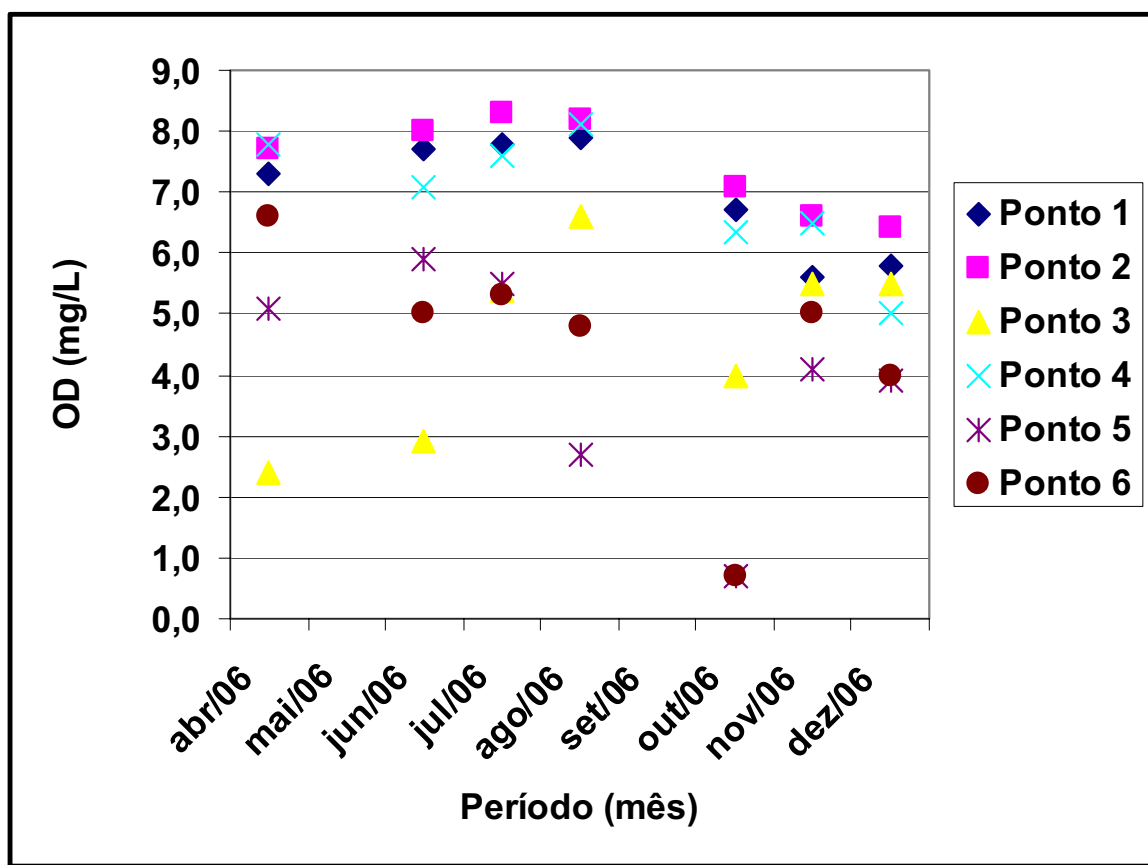


FIGURA 32 – Valores de Oxigênio Dissolvido (mg/L) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

Os dados analisados mostraram valores mínimo e máximo de OD no ponto 1, respectivamente de 5,60 mg/l e 7,90 mg/l, com mediana de 7,30 mg/l. No ponto 2, os valores mantiveram-se entre 6,40 mg/l e 8,30 mg/l, com mediana de 7,70 mg/l. No ponto 3, os valores ficaram entre 2,40 mg/l e 6,60 mg/l, com mediana de 5,40 mg/l. O ponto 4, mostrou uma variação entre 5,00 e 8,10 com mediana de 7,10. O ponto 5, mostrou uma faixa de variação entre 0,70 e 5,90, com mediana de 4,90. O ponto 6 demonstrou variações entre 0,70 e 6,60, sendo a mediana de 5,00.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

A Figura 33 mostra as variações dos valores de DBO, os quais apresentam-se irregulares nos períodos estudados, nos pontos 1 a 6. São visíveis os valores elevados em praticamente todos os pontos.

O valor para a DBO, de acordo com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para Rios de classe II, não deverá ser maior que 5,00 mg/L.

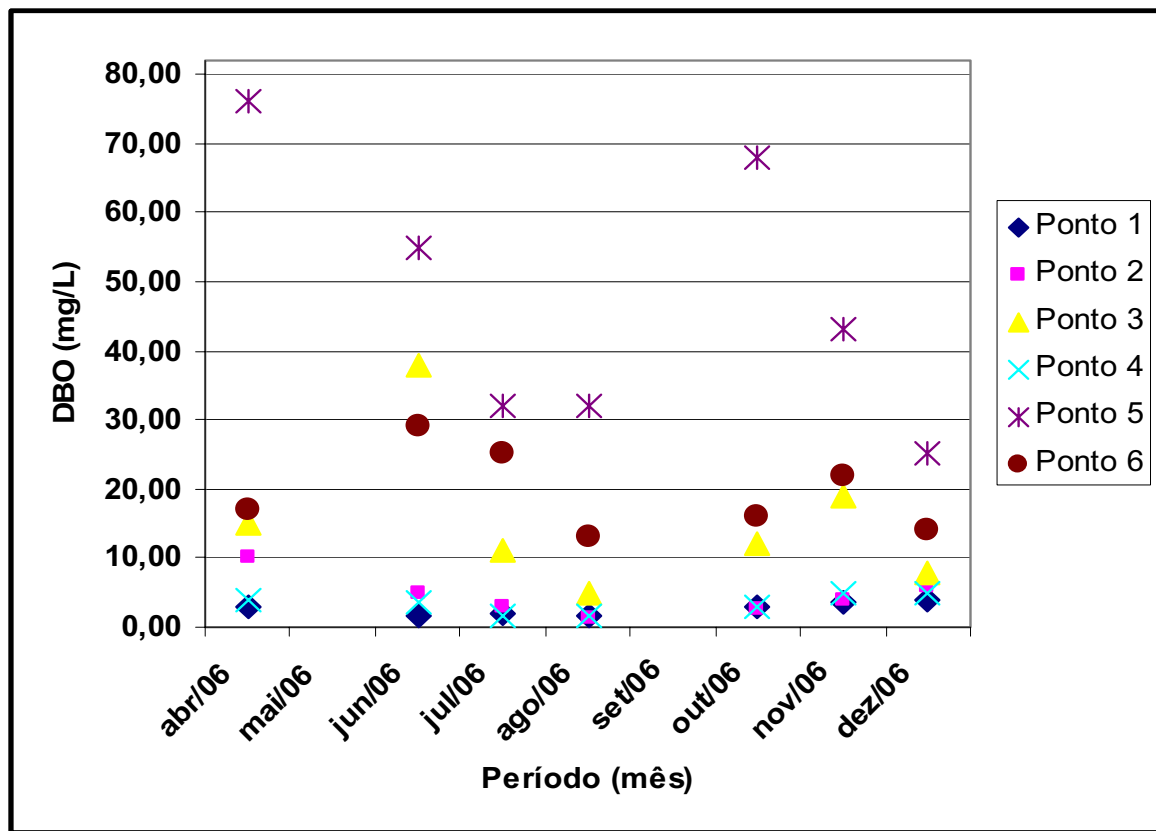


FIGURA 33 – Valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

Para os pontos de 1 a 6, os teores mínimo e máximo de DBO registrados foram: no ponto 1, de 1,50 mg/l a 4,00 mg/l, sendo a mediana de 3,00 mg/l. No ponto 2, os valores mínimo e máximo oscilaram entre 6,60 e 7,80 mg/l, com mediana de 7,48 mg/l. No caso do ponto 3, o mínimo chegou a 6,80 mg/l e o valor máximo a 7,90 mg/l, com mediana de 7,26 mg/l. No ponto 4, os valores mínimo e máximo mostraram uma variação de 1,00 e 6,00 mg/L, com mediana de 3,50 mg/L. No ponto 5, os valores variaram entre 25,00 e 76,00 mg/L, com mediana de 43,00 mg/L. No ponto 6, observou-se valores mínimo e máximo de 13,00 e 29,00 mg/L, com mediana de 17,00 mg/L.

- Nitrogênio Total

Por meio da Figura 34 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 diretamente no Córrego e o transporte de fertilizantes e adubos do solo sem conservação adequada, durante as chuvas.

No caso da Resolução CONAMA 357/05, de acordo com o Art. 10, o limite estabelecido para ambientes lóticos é de no máximo 2,18 mg/L.

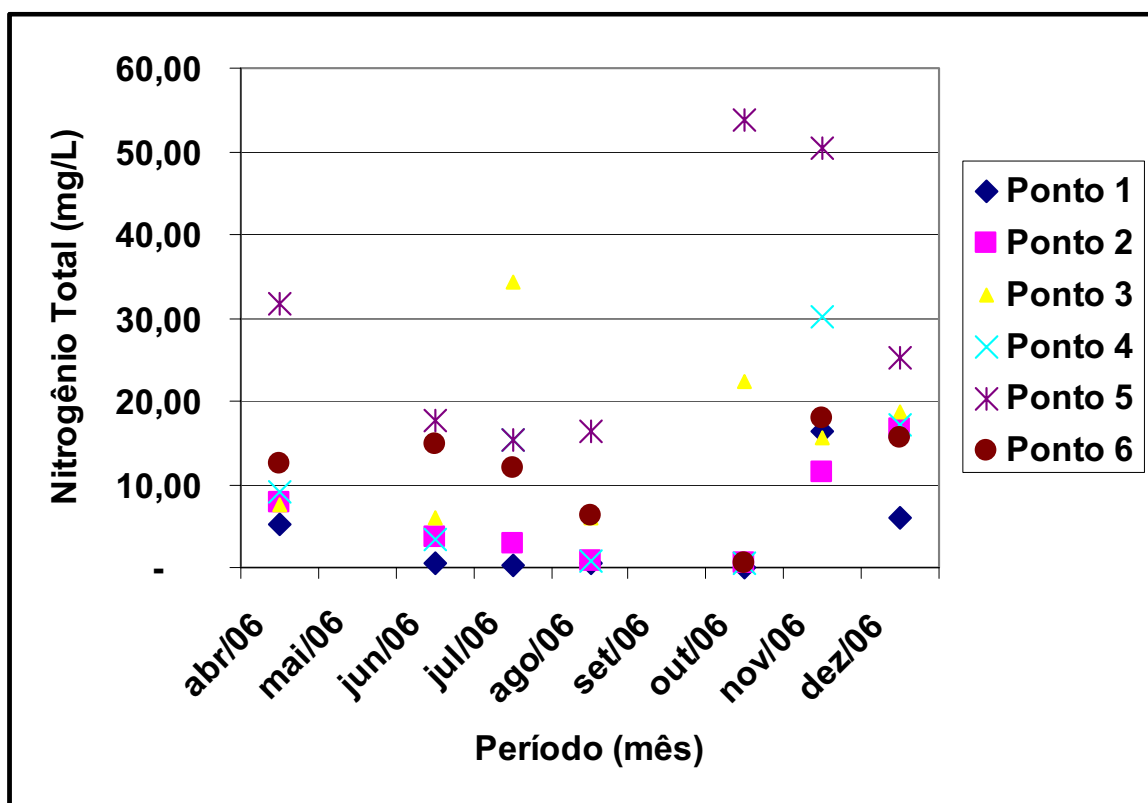


FIGURA 34 – Valores de Nitrogênio Total (mg/L) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

Os valores para as concentrações mínima e máxima de nitrogênio total no ponto 1 foram de 0,03 e 16,30 mg/L, e a mediana de 0,50 mg/L. No ponto 2, a variação foi de 0,50 a 16,60 mg/L e a mediana de 3,52 mg/L. No ponto 3, os valores oscilaram entre 5,90 e 34,30 mg/L, com mediana de 15,50 mg/L. O ponto 4, mostrou uma variação entre 0,50 e 30,20 mg/L com uma mediana de 9,00 mg/L. O ponto 5, mostrou uma faixa de variação entre 15,30 e 53,70 mg/L, com uma mediana de 25,16 mg/L. O ponto 6 demonstrou variações entre 0,50 e 17,90 mg/L, sendo a mediana de 12,51 mg/L.

- Fósforo Total

A variação do fósforo deu-se de forma que todos os seis pontos variassem com a mesma intensidade, conforme Figura 35, com menores variações no período de seca.

Para o parâmetro fósforo o limite estabelecido, pela Resolução CONAMA 357/05 para Rios de classe II, é de no máximo 0,1 mg/L.

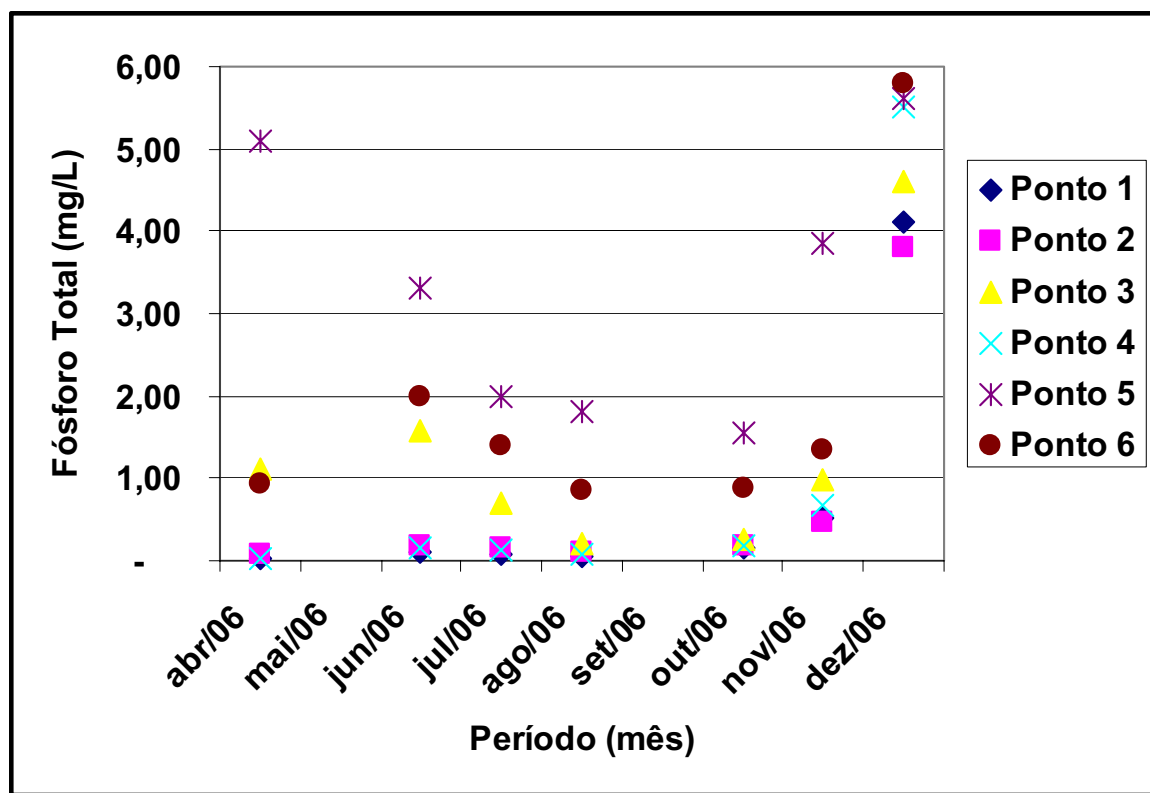


FIGURA 35 – Valores de Fósforo Total (mg/L) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

Analisando a Figura 35, verifica-se que em todos os pontos de amostragem houve variações significativas durante o período de coleta. No ponto 1, os valores mínimo e máximo variaram de 0,02 a 4,10 mg/L, com mediana de 0,10 mg/L. No ponto 2, os valores variaram de 0,07 a 3,80 mg/L, com mediana de 0,18 mg/L. No ponto 3, observou-se valores mínimo e máximo de 0,20 e 4,60 mg/L respectivamente, com mediana de 0,97 mg/L. No caso do ponto 4, o valor mínimo obtido foi de 0,03 mg/L, o máximo de 5,50 mg/L e a mediana de 0,16 mg/L. No ponto 5, registrou-se o mínima de 1,56 mg/L e o máximo de 5,60 mg/L, com uma mediana de 3,30 mg/L. No ponto 6, o fósforo da água ficou entre 0,85 mg/L e 5,80 mg/L e a mediana alcançou 1,35 mg/L.

- Coliformes Fecais

Os coliformes fecais, conforme pode ser observado pela Figura 36, apresentaram picos de variação de acordo com o período sazonal e as maiores concentrações ocorreram nos períodos de chuva.

O valor para a Coliformes Fecais, de acordo com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para Rios de classe II, não deverá ser maior que 2000 NMP/100 ml.

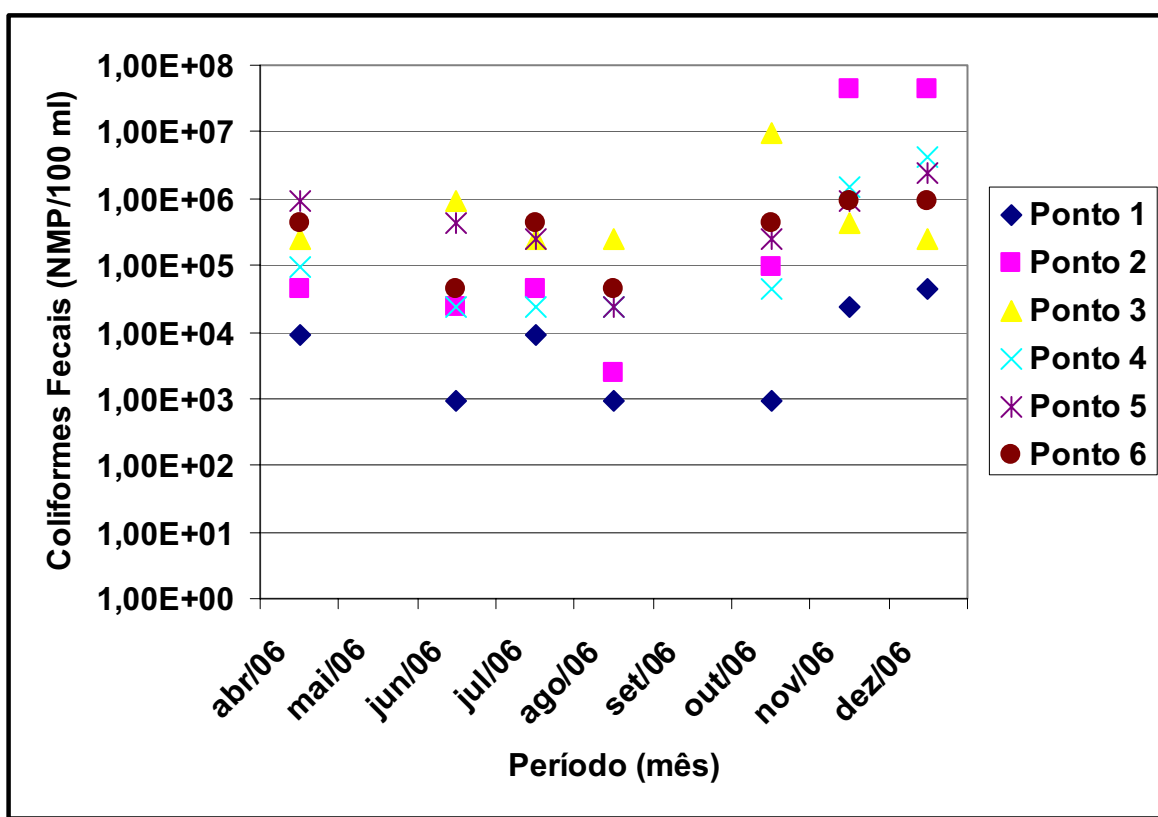


FIGURA 36 – Valores de Coliformes Fecais (NMP/100 ml) nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

No ponto 1, os valores mínimo e máximo de coliformes fecais variaram entre $9,30E+02$ e $4,3E+04$ NMP/100ml, com mediana de $9,30E+03$ NMP/100ml. No ponto 2, a variação foi de $2,40E+03$ a $4,30E+07$ e a mediana de $4,30E+04$ NMP/100ml. O ponto 3 ficou entre $2,40E+05$ e $9,30E+06$ NMP/100ml, com mediana de $2,40E+05$ NMP/100ml. No ponto 4, os valores mínimo e máximo de coliformes fecais variaram entre $2,40E+04$ e $4,30E+06$ NMP/100ml, com mediana de $4,30E+06$ NMP/100ml. No

ponto 5, a variação foi de $2,40\text{E}+04$ a $2,40\text{E}+06$ e a mediana de $4,30\text{E}+045$ NMP/100ml. O ponto 6 ficou entre $4,30\text{E}+04$ e $9,30\text{E}+05$ NMP/100ml, com mediana de $4,30\text{E}+05$ NMP/100ml.

4.2 Índice de Qualidade da Água – IQA

Com relação a este item, os resultados das análises da qualidade da água serão apresentados por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA), realizados para tentar simplificar a interpretação dos valores encontrados das variáveis analisadas. Nas Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9, encontram-se os valores calculados do IQA para os seis pontos estudados.

TABELA 4 – Valores calculados do IQA para o ponto 1 no Período de Abril a Dezembro de 2006

	Ponto 1						
Data da Coleta	24/04/06	26/06/06	30/07/06	28/08/06	03/10/06	29/11/06	11/12/06
IQA	52,64	64,14	50,52	63,33	62,58	41,57	36,99
Classificação da qualidade da água	Boa	Boa	Aceitável	Boa	Boa	Aceitável	Aceitável

TABELA 5 – Valores calculados do IQA para o ponto 2 no Período de Abril a Dezembro de 2006

	Ponto 2						
Data da Coleta	24/04/06	26/06/06	30/07/06	28/08/06	03/10/06	29/11/06	11/12/06
IQA	39,23	44,22	45,07	54,36	47,74	35,18	29,81
Classificação da qualidade da água	Aceitável	Aceitável	Aceitável	Boa	Aceitável	Ruim	Ruim

TABELA 6 – Valores calculados do IQA para o ponto 3 no Período de Abril a Dezembro de 2006, na Microbacia do Córrego Campestre – Lins – S.P.

	Ponto 3						
Data da Coleta	24/04/06	26/06/06	30/07/06	28/08/06	03/10/06	29/11/06	11/12/06
IQA	18,98	18,18	26,92	34,87	21,90	20,46	25,51
Classificação da qualidade da água	Péssima	Péssima	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim

TABELA 7 – Valores calculados do IQA para o ponto 4 no Período de Abril a Dezembro de 2006

	Ponto 4						
Data da Coleta	24/04/06	26/06/06	30/07/06	28/08/06	03/10/06	29/11/06	11/12/06
IQA	36,69	46,06	44,50	47,55	45,88	29,80	26,47
Classificação da qualidade da água	Aceitável	Aceitável	Aceitável	Aceitável	Aceitável	Ruim	Ruim

TABELA 8 – Valores calculados do IQA para o ponto 5 no Período de Abril a Dezembro de 2006

	Ponto 5						
Data da Coleta	24/04/06	26/06/06	30/07/06	28/08/06	03/10/06	29/11/06	11/12/06
IQA	17,29	20,72	21,76	19,87	10,33	15,22	16,75
Classificação da qualidade da água	Péssima	Ruim	Ruim	Ruim	Péssima	Péssima	Péssima

TABELA 9 – Valores calculados do IQA para o ponto 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

	Ponto 6						
Data da Coleta	24/04/06	26/06/06	30/07/06	28/08/06	03/10/06	29/11/06	11/12/06
IQA	32,63	24,54	25,02	34,00	31,04	21,95	22,21
Classificação da qualidade da água	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim

Por meio dos dados das Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9, foi elaborado o gráfico mostrado na Figura 37, onde estão representados os valores de IQA calculados para os seis pontos analisados. Pode-se observar que os valores oscilaram sazonalmente, com indicativo de pior qualidade da água nos dias de chuvas.

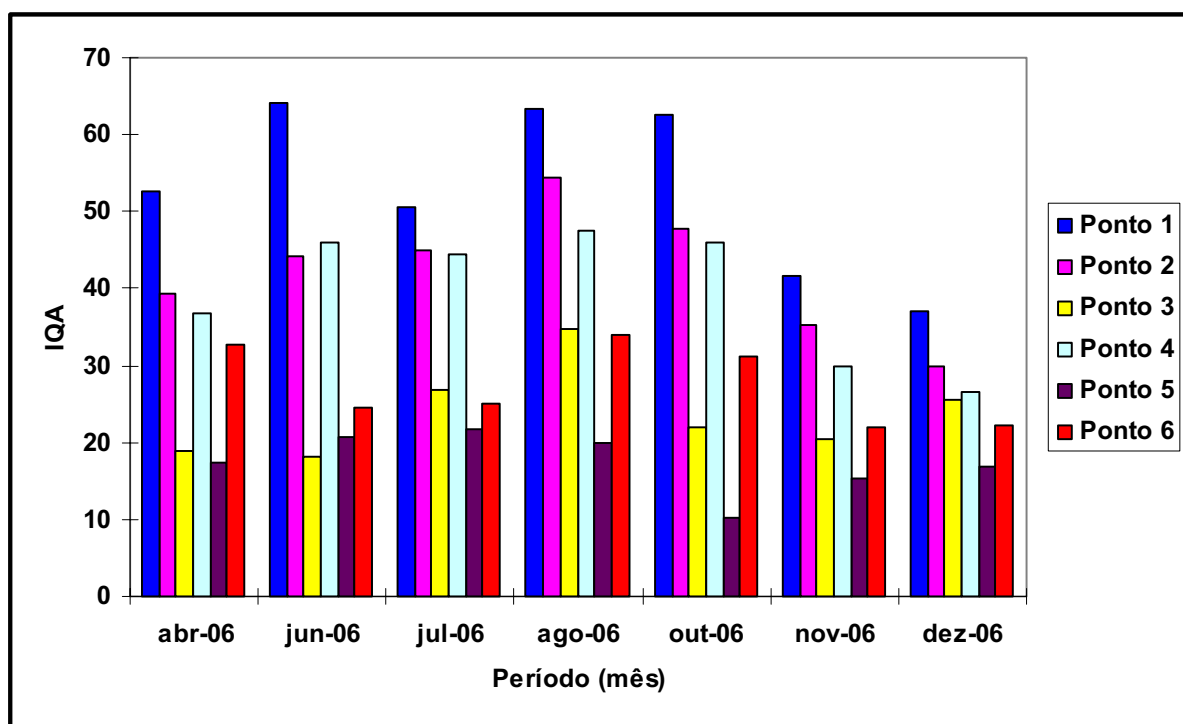


FIGURA 37 – Valores de IQA nos pontos de 1 a 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

4.2.1 IQA do ponto 1

Através da Figura 38 pode se ver os valores do IQA calculados para o ponto 1, onde pode-se observar que os valores oscilaram sazonalmente, com indicativo de pior qualidade da água nos dias de chuvas, devido ao aumento nas concentrações de alguns parâmetros analisados.

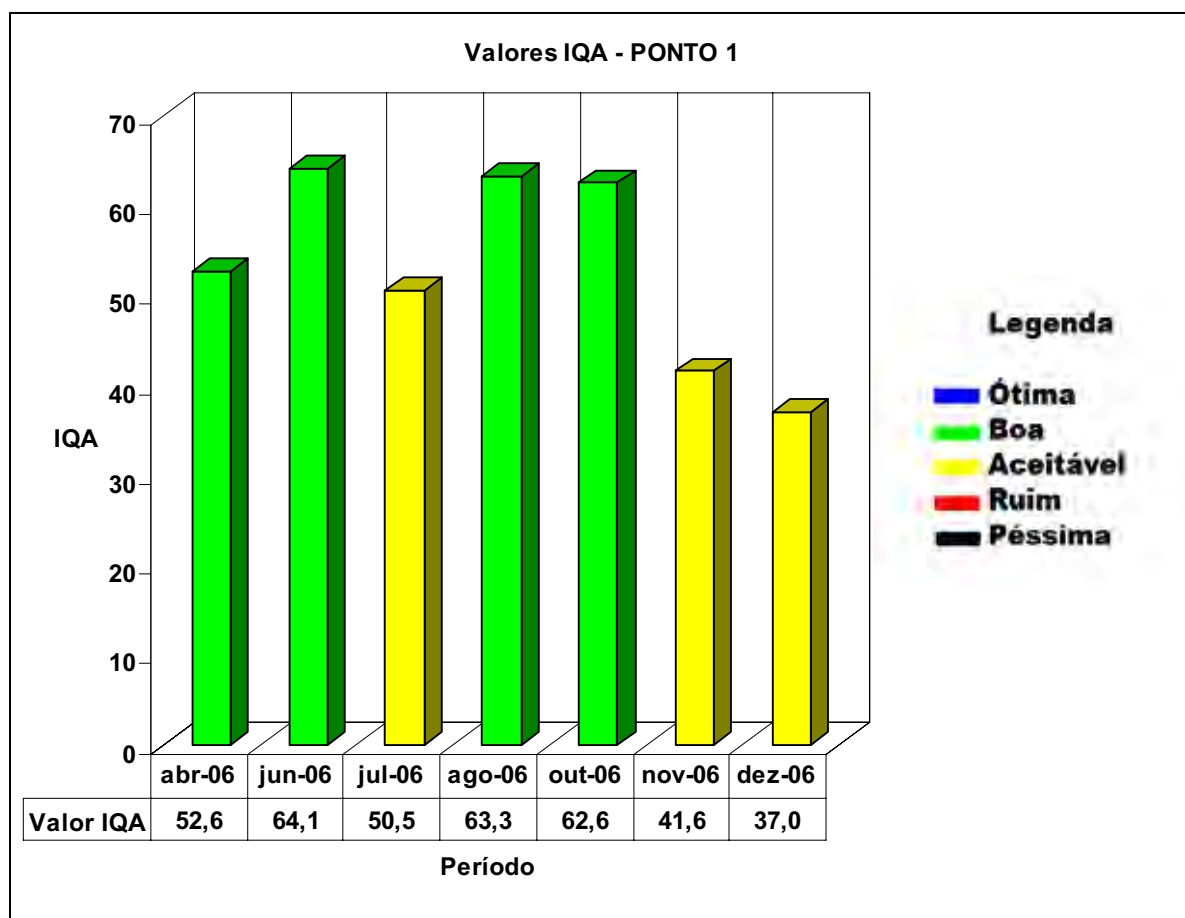


FIGURA 38 – Valores de IQA calculados I para o ponto 1 no Período de Abril a Dezembro de 2006

4.2.2 IQA do ponto 2

Com base na Figura 39 pode-se observar os valores do IQA calculados para o ponto 2, os quais oscilaram sazonalmente, com indicativo de redução da qualidade da água nos dias de chuvas, devido ao aumento nas concentrações de alguns parâmetros analisados.

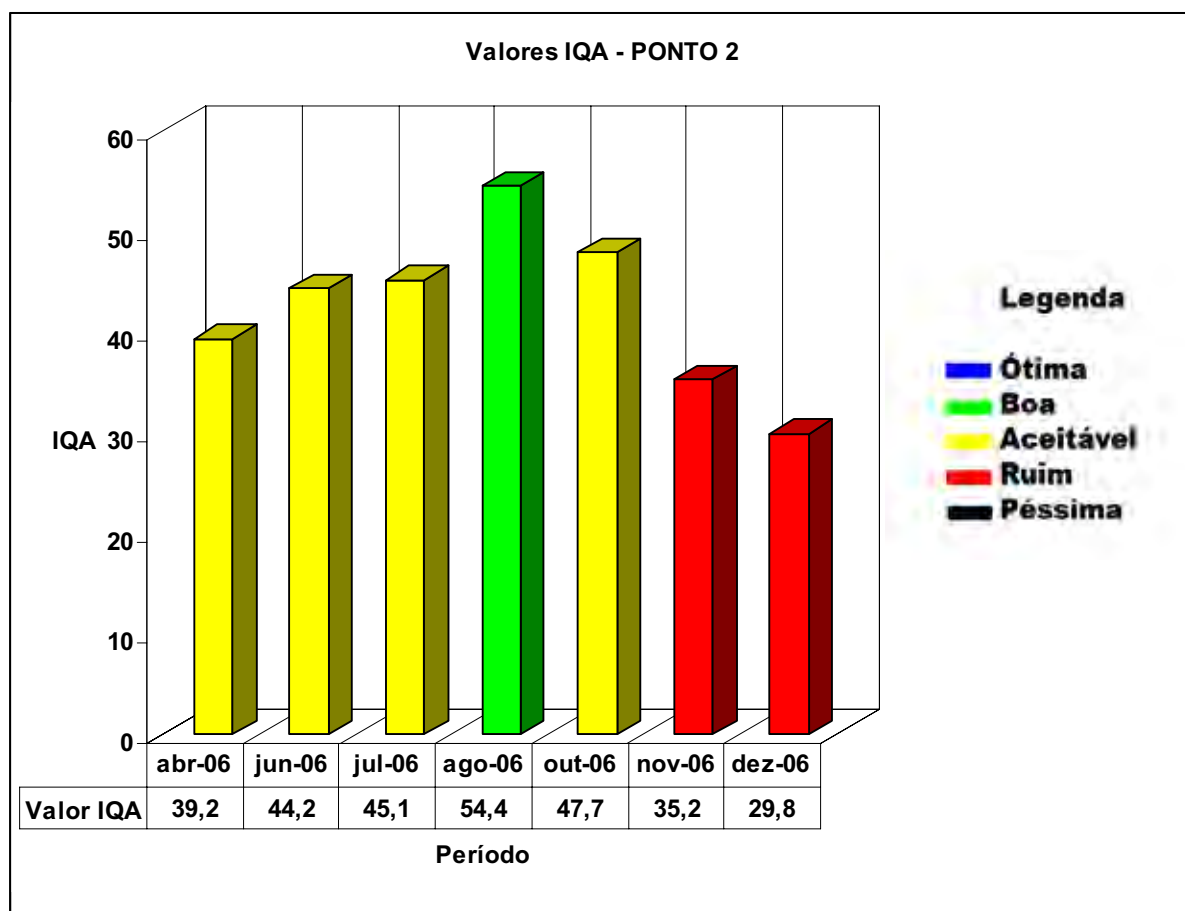


FIGURA 39 – Valores de IQA calculados para o ponto 2 no Período de Abril a Dezembro de 2006

4.2.3 IQA do ponto 3

Por meio da Figura 40 pode se ver os valores do IQA calculados para o ponto 3, os quais oscilaram sazonalmente, mostrando menor qualidade da água período de seca, devido o lançamento clandestino influenciar mais neste ponto nos períodos de seca que no período de chuva, devido ao aumento de volume de água neste ponto analisado.

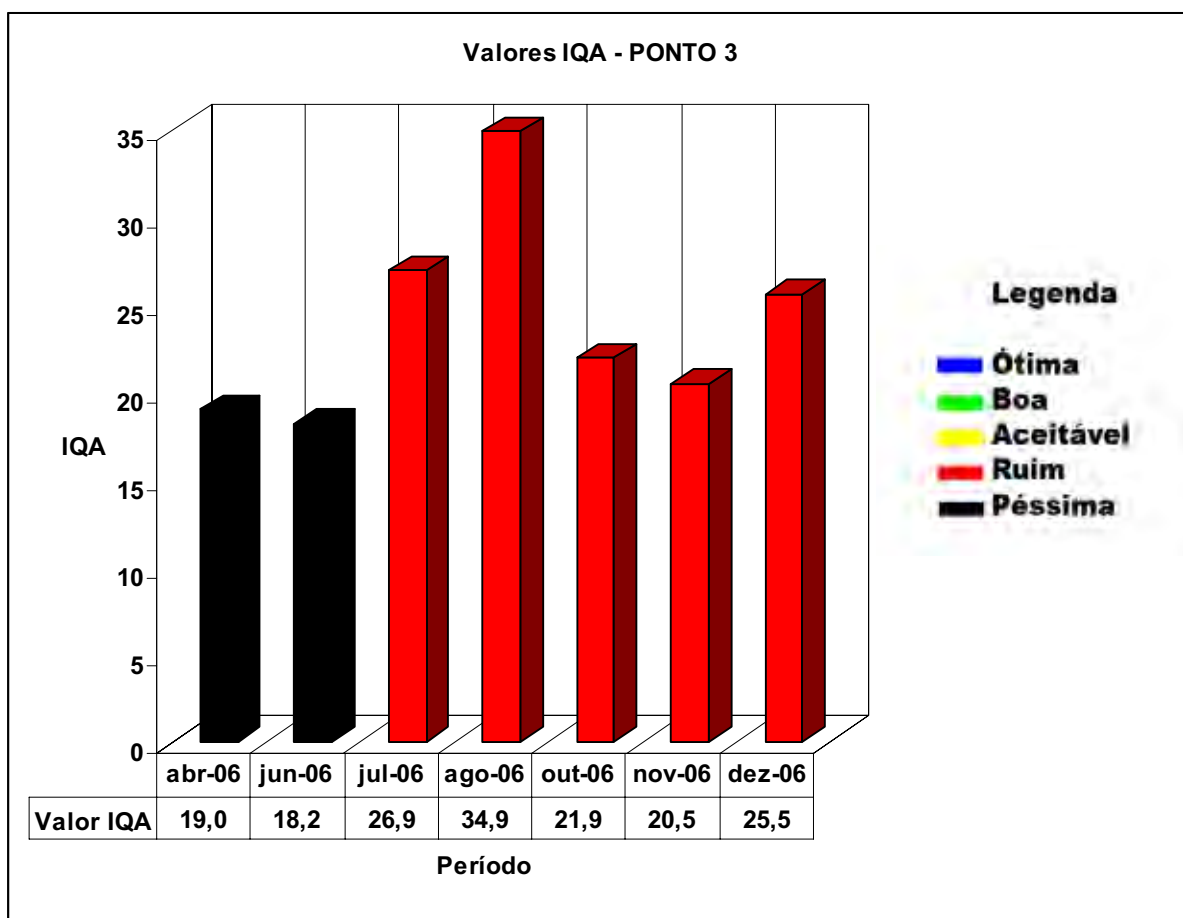


FIGURA 40 – Valores de IQA calculados para o ponto 3 no Período de Abril a Dezembro de 2006

4.2.4 IQA do ponto 4

Por meio da Figura 41 pode se ver os valores do IQA calculados para o ponto 4, os quais oscilaram sazonalmente, indicando redução da qualidade da água nos dias de chuvas, devido ao aumento nas concentrações de alguns parâmetros analisados.

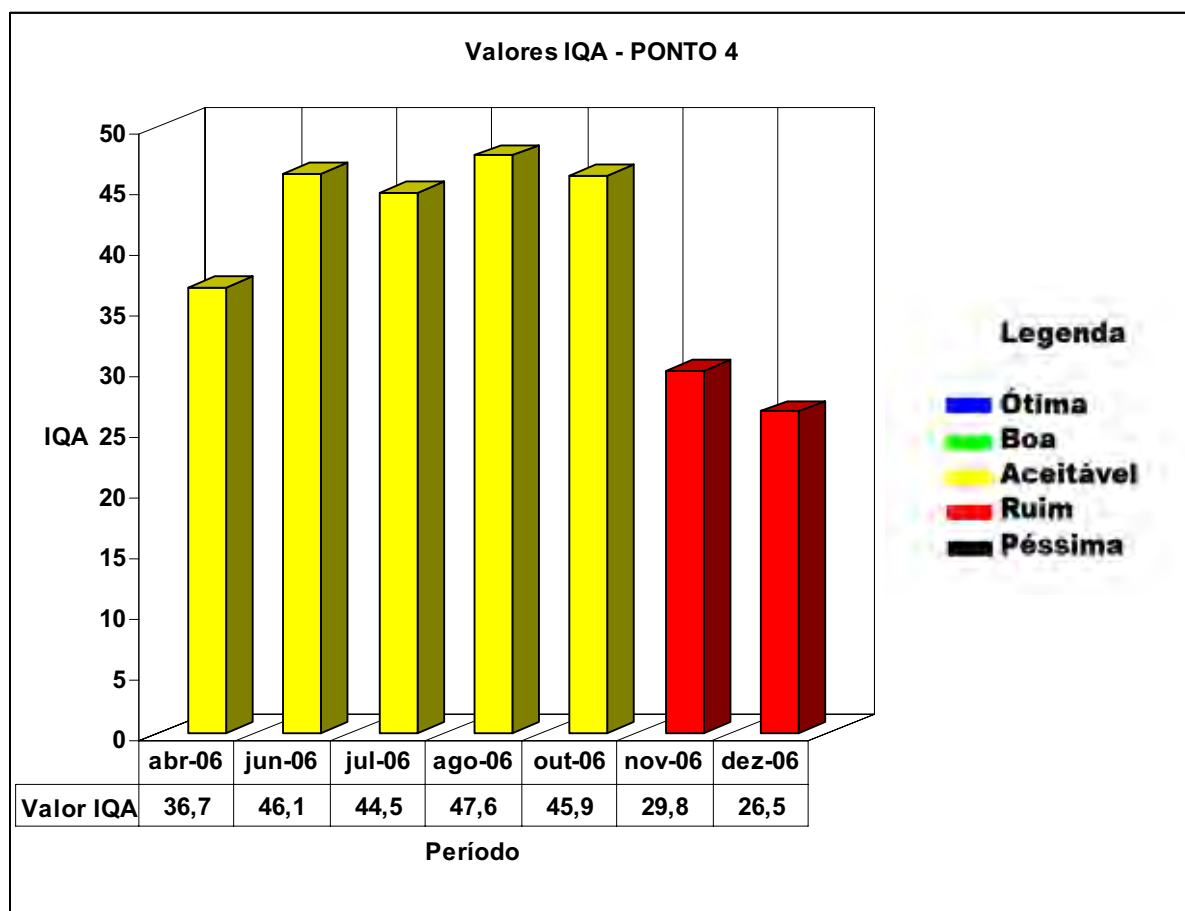


FIGURA 41 – Valores de IQA calculados para o ponto 4 no Período de Abril a Dezembro de 2006

4.2.5 IQA do ponto 5

Por meio da Figura 42 pode se ver os valores do IQA calculados para o ponto 5, onde se observa oscilação sazonal, com indicativo de pior qualidade da água nos dias de chuvas, devido ao aumento nas concentrações de alguns parâmetros analisados.

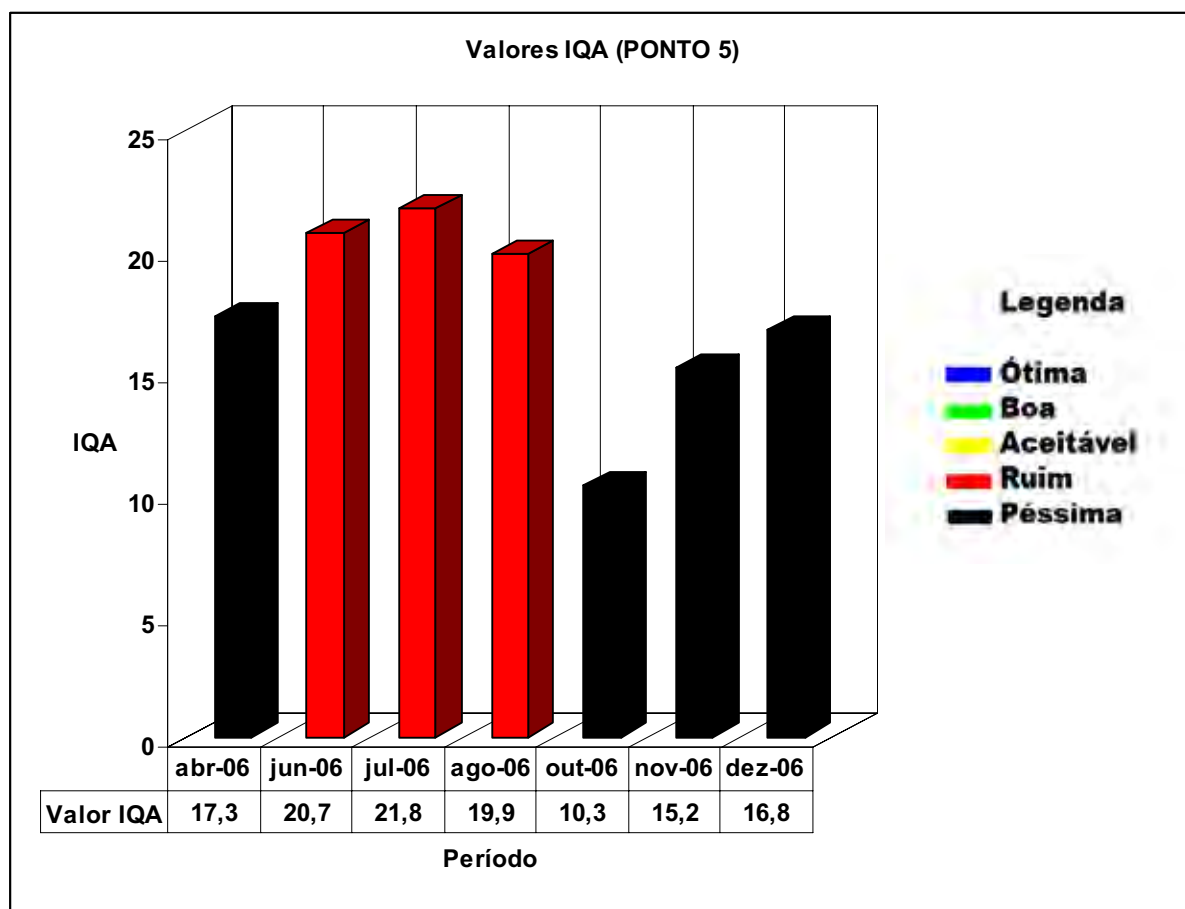


FIGURA 42 – Valores de IQA calculados para o ponto 5 no Período de Abril a Dezembro de 2006

4.2.6 IQA do ponto 6

Por meio da Figura 43 pode se ver os valores do IQA calculados para o ponto 6, os quais oscilaram sazonalmente indicando pior qualidade da água nos dias de chuvas, devido ao aumento nas concentrações de alguns parâmetros analisados.

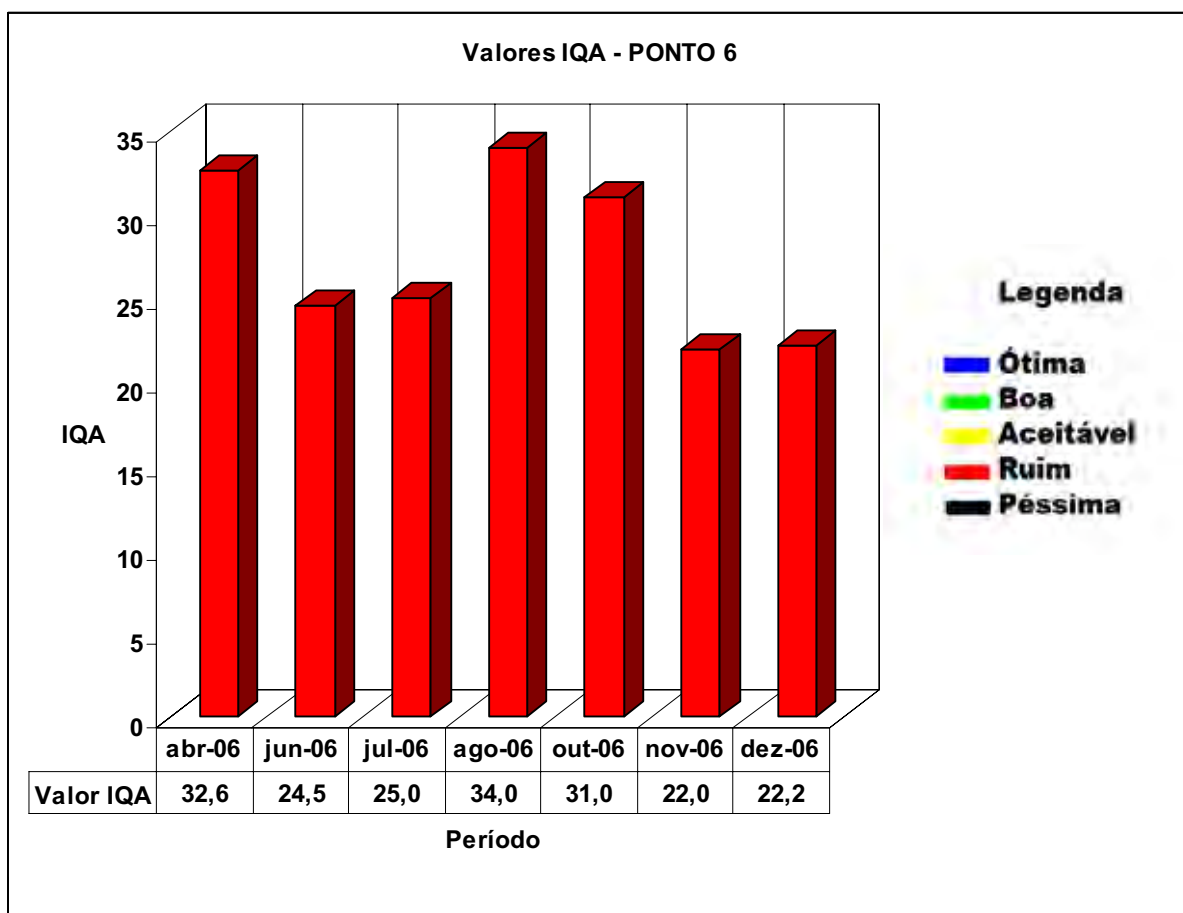


FIGURA 43 – Valores de IQA calculados para o ponto 6 no Período de Abril a Dezembro de 2006

4.2.7 Média do IQA nos 6 pontos

A Figura 44 representa o gráfico da média de todos os pontos analisados, com destaque para os pontos 3, 5 e 6 que tiveram os piores resultados do IQA.

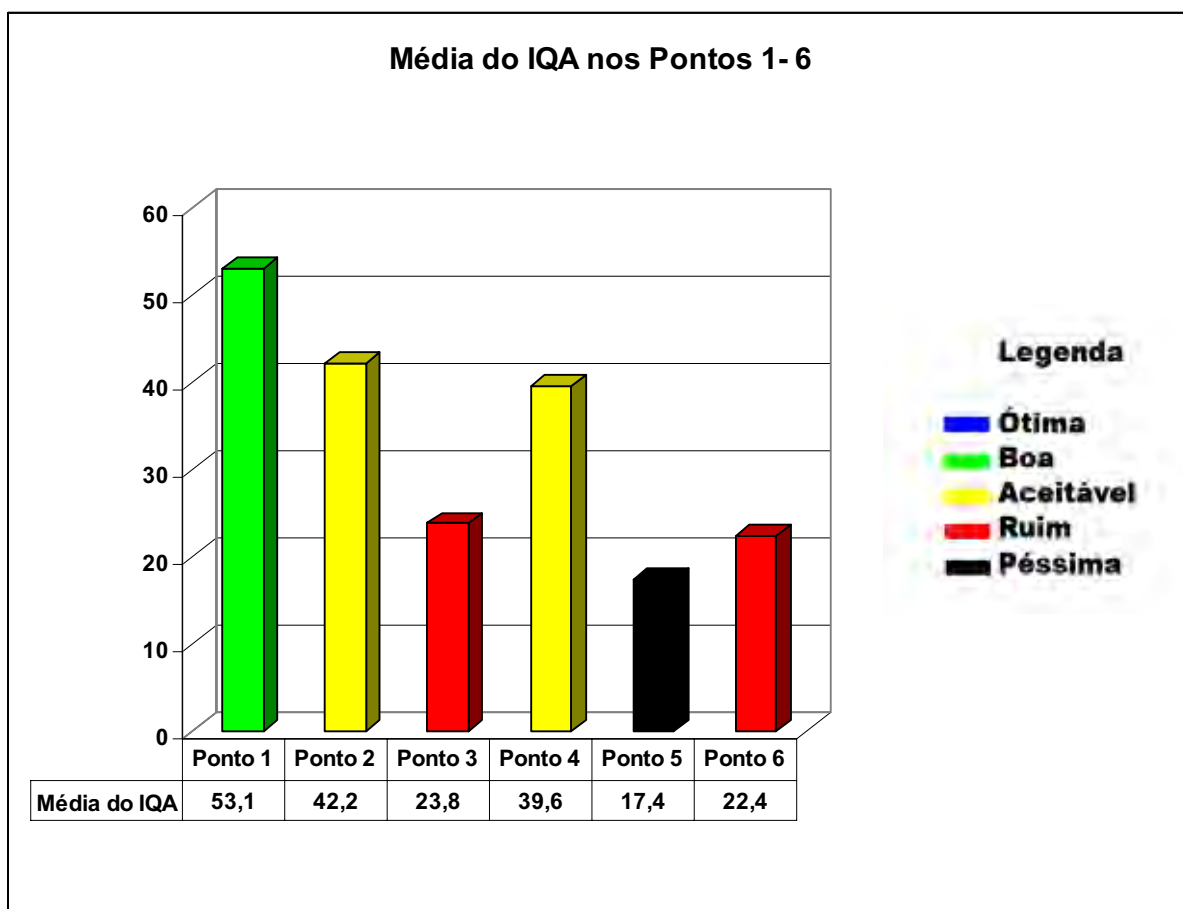


FIGURA 44 – Valores médios de IQA calculados para todos os pontos analisados no Período de Abril a Dezembro de 2006

4.3 Mapa de informações do uso e ocupação do solo

Para desenvolvimento desse mapa foram utilizadas imagens de satélite, Quick Bird e Spot 5, juntamente com o Sig-CTGEO para visualizações temáticas das informações.

Por meio da Figura 45, podem ser observados os seguintes usos da região.

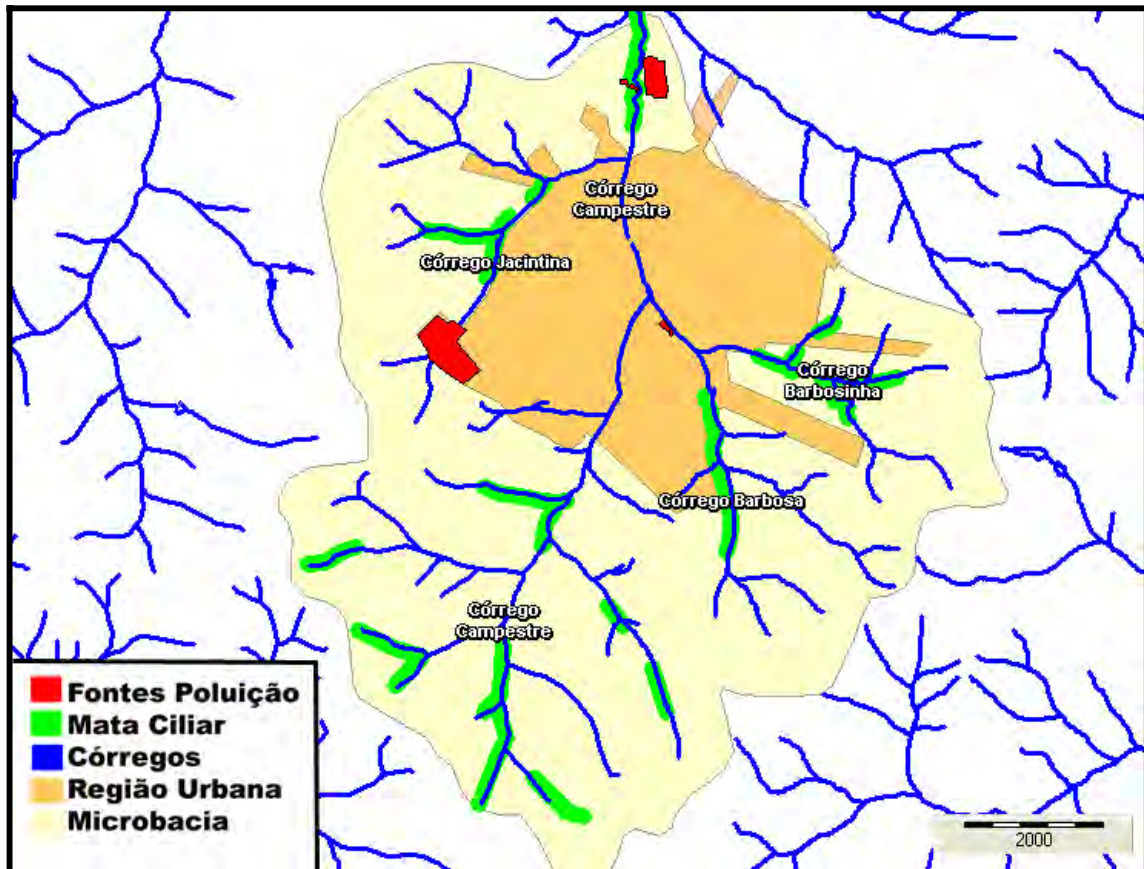


FIGURA 45 – Uso e ocupação do solo para o estudo

5 DISCUSSÃO

Com base nas análises laboratoriais, avaliação dos locais, imagens e resultados obtidos, procurou-se fazer uma interpretação dos principais impactos ecológicos e de riscos à saúde pública causados pela região urbanizada à microbacia, devido a sua ocupação. As concentrações dos diversos parâmetros analisados retratam os efeitos dessa poluição na microbacia em estudo. A análise dos dados coletados através das ferramentas disponíveis, demonstrou o estado de conservação/degradação da região estudada.

5.1 Parâmetros analisados nos pontos da microbacia do Córrego Campestre

Neste tópico os resultados de todos os parâmetros analisados foram interpretados e discutidos para melhor avaliar as condições ambientais do local com base na determinação da qualidade da água, e, conseqüentemente, da degradação que a microbacia do Córrego Campestre vem sofrendo ao longo do tempo, devido a urbanização.

- Turbidez

Em relação ao limite do CONAMA, verificou-se que todos os pontos analisados atenderam ao padrão de 100,00 NTU, mantendo-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução. Verifica-se também pela que em todos os pontos ocorreu um aumento na turbidez no período de chuvas. Isto ocorreu provavelmente devido ao transporte de materiais, que é maior durante esse período. Nota-se também que os pontos 3, 4, 5 e 6 possuem valores de turbidez mais altos que os pontos 1 e 2. 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. Essa alta turbidez encontrada pode ser devido a indústria frigorífica localizada próximo ao ponto de coleta. No caso dos pontos 4, 5 e 6 os valores refletem aquilo que seria esperado, pois são locais que estão situados logo após a região urbanizada.

- Temperatura da Água

A Figura 29 ilustra os resultados obtidos nas análises, onde se obtiveram variações significativas nos pontos durante as estações, com menores valores no ponto 4. Em relação ao limite do CONAMA 357/05 verificou-se que todos os pontos analisados atenderam ao padrão, (máximo de 40° C), portanto abaixo do limite estabelecido pela Resolução.

As temperaturas de todos os pontos tiveram um perfil próximo quanto aos valores, e nenhum ponto obteve índices fora da Resolução CONAMA. Por se tratar de uma região quente os valores não ajudam muito no cálculo do IQA, pois quanto menor a temperatura da água melhor será o parâmetro “qi” contido nos cálculos do IQA.

- Potencial Hidrogeniônico – pH

Verificando-se o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, verificou-se que todos os pontos analisados estão em conformidade com os limites estabelecidos, que estão entre 6 e 9. Verifica-se também pela Figura 30, que de modo geral todos os pontos ficaram com mediana acima de 7, sendo portanto caracterizado como pH básico.

No período de chuvas percebe-se uma estabilização do pH entre 7 e 7.5. Um valor de pH afastado da neutralidade pode afetar a vida aquática (ex.: peixes) e microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos (SPERLING, 1996).

- Sólidos Totais

A análise dos valores medianos de cada ponto, demonstra que somente o ponto 3 ficou acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, e que as concentrações de sólidos totais deste ponto ficaram muito acima das concentrações nos outros pontos.

O ponto 3, por ser um local com área de captação pequena e ter influência urbana irrelevante comparado às outras áreas, apresenta valores altos, possivelmente devido à indústria situada próxima do local, a qual estaria

influenciando no aumento das concentrações de sólidos totais. Com relação aos outros resultados, nota-se que os pontos 4, 5 e 6 também possuem valores elevados de sólidos totais. É interessante salientar, no entanto, que o Ponto 5 está localizado bem na 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. Desta forma, 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. No caso do ponto 4, é interessante mencionar que suas concentrações não são tão altas quanto no ponto 3. Isso indica que houve uma autodepuração do ponto 3 até chegar ao ponto 4. Nos pontos 1 e 2 os valores não são tão altos quanto nos outros pontos mantendo-se estáveis em todas as análises. No caso do ponto 6, nota-se também que há um processo de autodepuração entre o ponto 5 e 6, pois quase todas as análises mostram um decréscimo das concentrações entre esses pontos.

- Oxigênio Dissolvido – OD

Observa-se que ocorreram variações sazonais nos seis pontos durante o período das análises. Salienta-se também que, os pontos 5 e 6, tiveram valores medianos menores que o limite de 5,00 mg/l, definido pela Resolução CONAMA 357/05.

Os valores do ponto 3 no período de seca, também estão muito abaixo do valor definido pela Resolução. Isso leva a admitir que, no período de chuva, houve um aumento do volume de água e por consequência um aumento da concentração de OD.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

Analisando as medianas de cada ponto nota-se que os pontos 2, 3, 5 e 6 estão em desconformidade com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 Destaca-se entre eles o ponto 6 que é o ponto mais a jusante do córrego, onde seu valor é muito elevado em comparação com o limite da Resolução.

Enquanto os pontos 1, 2 e 4 se mantêm com baixa variação durante o período de avaliação, os outros demonstraram efeito muito forte da sazonalidade, destacando-se 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 3 já foram bastante reduzidos. Com relação aos pontos 5 e 6, os valores voltaram a elevar-se, pois tem-se a influência da ETE e do antigo lixão. 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.

- Nitrogênio Total

Pela análise das medianas de cada ponto nota-se que somente o ponto 1 está em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05, ressaltando que esse ponto não tem praticamente nenhuma influência do ambiente urbano. Destacam-se os demais pontos que possuem altas quantidades de nitrogênio total, principalmente no período chuvoso. Neste período as concentrações tiveram aumento considerável, principalmente no ponto 1, 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 5 manteve valores altíssimos, comparados aos outros pontos, devido à influência da ETE e do antigo lixão na região.

- Fósforo Total

Analisando as medianas de cada ponto nota-se que somente o ponto 1 está em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05. Os demais pontos destacam-se pelas altas quantidades de fósforo total, principalmente no período chuvoso onde a concentração sofreu aumento considerável, inclusive no ponto 1, 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. No caso do ponto 3, é interessante ressaltar que no período da seca, as concentrações de fósforo encontradas foram altíssimas para a região, lembrando

que a área pode ter sofrido influência da indústria local sobre a quantidade de fósforo no Córrego Jacintina.

- Coliformes Fecais

Em todos os pontos, os valores medianos excederam o limite padrão de $1,0E+03$ NMP/100ml estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. Analisando-se o ponto 1, que é o de menor influência da região urbana, percebe-se que há uma grande quantidade de coliformes na água. Isso mostra que há despejo clandestino de resíduos no Córrego Campestre, principalmente da área rural, pois esse ponto não é alimentado por área urbana. Quanto aos outros pontos fica evidenciado que há despejos clandestinos na região urbanizada da microbacia, pois seus valores estão muito elevados. Um dos pontos mais interessantes em termos de análise, foi o 2, pois no período chuvoso houve um grande salto na concentração de coliformes, mostrando que houve despejo de grande quantidade de resíduos nesta área, 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.

5.2 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 37, verifica-se que o ponto 1 é o que apresenta-se com a melhor qualidade de água dentre os pontos, sendo classificada como qualidade “Boa”. Essa qualidade já era esperada, devido ao seu posicionamento, pois está localizado antes da região urbanizada, sendo influenciado somente pela região rural.

O ponto 2, teve qualidade de água, com classificação “Aceitável”, pois neste local já houve influência da área urbana. e dentre todos os pontos estudados ficou com a segunda melhor qualidade.

Em relação ao ponto 3, a situação é mais crítica, pois a qualidade média ficou com a classificação “Ruim”. Isso ocorreu possivelmente devido a existência da indústria, próxima ao local de coleta, a qual pode estar lançando resíduos diretamente no Córrego Jacintina, visto que, a região urbana que influencia este ponto é muito pequena para as concentrações, principalmente de fósforo total, nitrogênio total, encontradas nas análises. Percebe-se que os valores, principalmente desses parâmetros, encontrados neste ponto estão abaixo até mesmo do ponto 6 que é o situado mais a jusante no Córrego Campestre, e que sofre a influência de toda a região urbanizada, ficando abaixo somente do ponto 5. O ponto 4 por sua vez, que está localizado após a passagem da água pela região urbanizada obteve, em média, classificação “Aceitável” em termos de qualidade da água, conforme Figura 44.

Apesar de todas as condições que envolvem este ponto, isto é sua localização à jusante do Córrego Campestre, Barbosa e Barbosinha e das águas terem percorrido toda extensão da região urbanizada, o ponto 4 demonstrou uma qualidade de água superior a outros pontos analisados. Embora o escopo desse trabalho não seja o de análise de autodepuração, percebe-se que houve uma melhora da qualidade da água entre o ponto 2 e 3 até o ponto 4.

No caso do ponto 5, assim como no ponto 3, a situação também é crítica, pois a qualidade da água se enquadra na classificação “Péssima”, tendo, em média, o pior valor de IQA dentre os pontos avaliados. , Isso demonstra que a ETE e/ou o antigo lixão estão influenciando negativamente na sua qualidade.

O ponto 6, por ser o exutório da microbacia, sofre a influência direta dos outros pontos, que são afetados por descargas orgânicas ou inorgânicas. A qualidade de água, para esse ponto foi classificada como “Ruim” , embora seu valor de IQA tenha aumentado (IQA=22,4) em relação ao ponto 5 (IQA= 17,4).

Pela análise da Figura 37, nota-se que nos períodos de chuva, os valores na classificação da qualidade da água em todos os pontos caíram consideravelmente. Isso ocorreu provavelmente, devido a falta de mata ciliar, pois a urbanização ocupa as margens de parte do Córrego Campestre. Outro problema é a má conservação do solo ao longo dos córregos analisados, pois quando há chuva, as substâncias são levadas pelas enxurradas até os córregos, após ter passado pelo solo ou pelos setores de captação da região urbanizada. Conseqüentemente essas substâncias

influenciaram na qualidade da água dos pontos analisados. Assim o IQA no período de chuva mostrou-se mais baixo que no período de seca.

5.3 Uso e ocupação do solo

Poleto (2003), realizou estudos em 3 pontos distintos no Córrego Ipê, localizado no Município de Ilha Solteira – SP, com a mesma metodologia utilizada nesta pesquisa. Concluiu em um ponto com nomenclatura ponto “B” localizado na região urbana, que este se mostrou com os piores índices dentre os 3 pontos analisados, pois estava situado no meio urbano.

Neste item cabe ressaltar as fontes pontuais de poluição que estão prejudicando a qualidade da água da microbacia do Córrego Campestre, como por exemplo, a falta de mata ciliar nos cursos d’água, os lançamentos de resíduos diretamente nos córregos, o processo de urbanização que está acontecendo no decorrer dos anos, avançando sobre áreas marginais, e o antigo lixão que está posicionado às margens do Córrego Campestre.

- Indústria próxima ao ponto 3

A Figura 46 mostra uma indústria na região urbana, a qual é delimitada por coloração mais escura, visualizado através da foto de satélite Quick Bird. Como dito anteriormente é provável que as altas concentrações nos parâmetros analisados tenham ocorrido por causa de emissões de resíduos dessa indústria diretamente no Córrego Jacintina, fazendo com que o ponto 3 seja um dos mais poluídos nas análises, dentre os seis pontos analisados.



FIGURA 46 – Imagem de uma indústria próximo ao ponto 3

- Mata ciliar

Pela Figura 47, observam-se as regiões que possuem mata ciliar nas suas margens de todos os córregos da região estudada. Nota-se por essa imagem, de forma quase que geral, ausência de mata ciliar no entorno dos Córregos. Desta forma, toda a região fica prejudicada em função do carregamento de sedimentos do solo para os Córregos e conseqüente assoreamento. As matas ciliares na Figura 47 estão representadas pela cor verde.

É considerável relevar 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 & Zakia (2000), as matas ciliares evitam o carregamentos desses componentes diretamente para os mananciais da região.

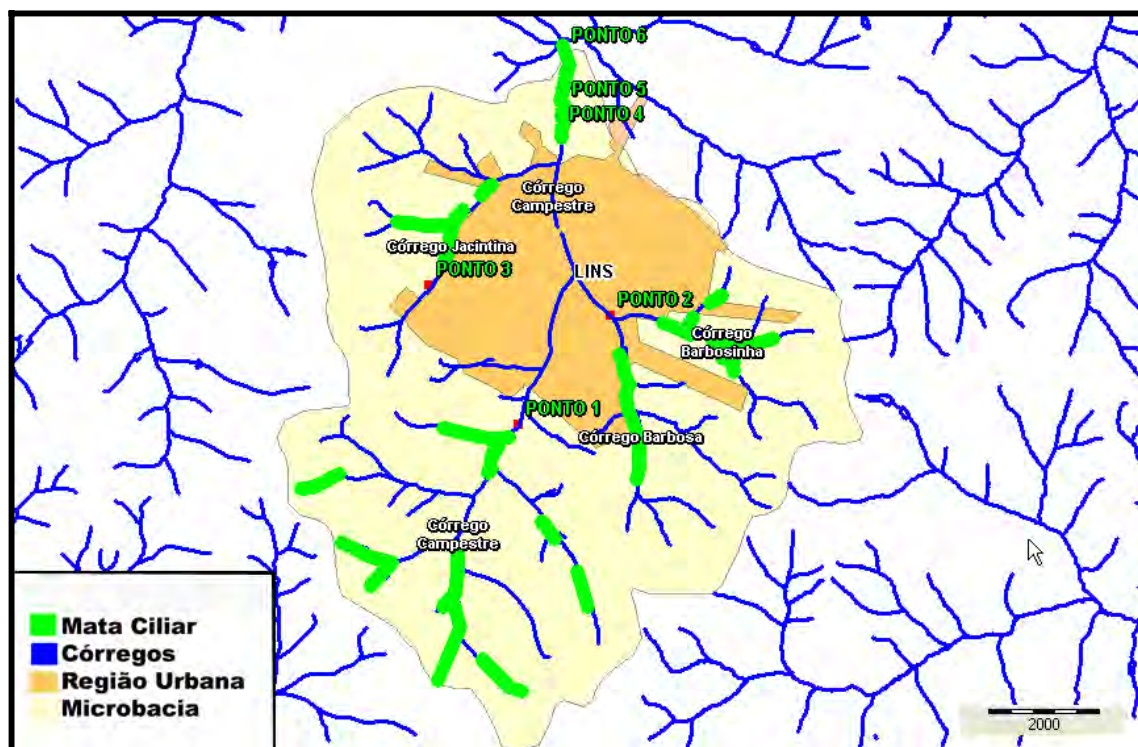


FIGURA 47 – Mata ciliar nas margens dos córregos da microbacia do Córrego Campestre

- Antigo Lixão

Por meio da Figura 48, pode-se observar a área delimitada pelo antigo lixão de Lins, visualizado através da foto de satélite Quick Bird.



FIGURA 48 – Imagem do antigo lixão, próximo do ponto 5

Com base na utilização do SIG CTGEO, por meio do qual a foto aérea da região em estudo foi processada e analisada, conforme Figura 49, nota-se uma grande região, em que se destaca claramente uma fonte de poluição,

Esta região é um antigo local de despejo dos resíduos sólidos da cidade de Lins. Nesta área era lançado todo o lixo coletado na cidade sem nenhum critério de despejo, de maneira que, uma grande região encontra-se ainda hoje prejudicada pela falta de estudos e projetos para amenizar e identificar o melhor local e melhor forma de disposição dos resíduos. Por meio das Figuras 49 e 50, observa-se nas margens e subsolo do Córrego Campestre uma enorme fonte de poluição, onde o lixo aflora do subsolo e extravasa para o rio, pois todos os despejos dos resíduos sólidos da cidade foram lançados e enterrados nas margens desse córrego..



FIGURA 49 – Foto do antigo lixão mostrando o lixo que extravasa para o Córrego Campestre



FIGURA 50 – Foto aproximada do antigo lixão mostrando o lixo que extravasa para o Córrego Campestre

6 CONCLUSÕES

A avaliação das condições ambientais da microbacia do Córrego Campestre, por meio da análise das características físico-químicas e bacteriológicas da água, informações do IQA, e observações sobre o uso antrópico mostrou que esta se apresenta com elevado grau de degradação. Isto pode ser constatado pela alteração evidente da qualidade da água, que ocorre devido a elevada quantidade de sedimentos, coliformes e nutrientes.

É importante salientar que o processo de urbanização na região ao longo dos anos, é um dos problemas que resultou nos índices de poluição do Córrego Campestre, com acentuado comprometimento da qualidade de suas águas, decorrente de fontes pontuais e difusas de poluição, pois praticamente 25% da área de toda a microbacia do Córrego Campestre é tomada pela região urbana.

Todos índices baixos encontrados nos valores do IQA da região, se deve ao processo de contaminação resultado dos esgotos clandestinos que são lançados diretamente no corpo d'água da bacia sem tratamento, e da falta de práticas de conservação do solo, por exemplo, o antigo lixão que está localizado próximo das margens do Córrego Campestre e pelo processo de urbanização que vem ocorrendo no decorrer dos anos.

Constatou-se também que nenhuma forma de manejo está sendo aplicada na região estudada principalmente próximo ao ponto 5, onde está localizado o antigo lixão. Através do cálculo do IQA neste ponto, verificou-se claramente um baixo índice da qualidade da água, isso se deve as forças das águas pluviais que acabam carregando resíduos para o Córrego Campestre. No caso das fontes difusas, estas podem ser observadas nos locais menos urbanizados, onde predominam chácaras com suas atividades rurais, pois através dos resultados do ponto 1, que faz parte da região rural, pode-se constatar em praticamente todos os parâmetros analisados índices de poluição considerável para região.

É de grande importância salientar que a qualidade da água não é demonstrada apenas por suas características físico-químicas e bacteriológicas, mas pela qualidade de todo o sistema que envolve esse recurso hídrico, como a saúde e o funcionamento equilibrado dos seus ecossistemas.

Desta forma, espera-se que os resultados obtidos ao longo deste trabalho, possam ter contribuído com importantes informações que possam fornecer subsídios para o desenvolvimentos de novos projetos que visem um melhor conhecimento e a preservação de forma sustentável desta microbacia e dos recursos naturais desta região.

7 RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos e nas informações colhidas a partir da avaliação dos dados do presente trabalho, as seguintes recomendações foram propostas para que se possa melhorar as condições da microbacia do Córrego Campestre:

1. Realizar estudos e projetos para solução do problema relacionado com o antigo lixão, para que seja minimizada a poluição do Córrego Campestre no ponto 5;
2. Criar programas de incentivo para a recuperação das matas ciliares nas margens de todos os córregos na microbacia do Córrego Campestre, como forma de diminuir o carregamento de materiais para os cursos d'água, principalmente nos períodos de chuva;
3. Aprimorar e aprofundar a discussão das interações em relação aos diversos setores de saneamento básico, de saúde e de educação, pois a qualidade da água deve ser vista como um dos assuntos prioritários na vida do ser humano;
4. Elaborar um estudo ambiental, das possíveis fontes pontuais de poluição, de forma a se evitar a emissão clandestina de resíduos diretamente nos cursos d'água e fornecer propostas para esses locais com vistas a solucionar o problema;
5. Elaborar programas de educação ambiental voltados para a comunidade, com o gerenciamento e apoio de prefeituras, instituições de ensino, ongs e demais interessados a fim de melhorar a conscientização das pessoas sobre a conservação da microbacia do Córrego Campestre e do meio ambiente de forma geral.

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.

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

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; 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.

CALIJURI, M. C., OLIVEIRA, R. Manejo da qualidade da água: uma abordagem metodológica. In: CASTRO, R. et. al. *Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias*. 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 estratégias*. 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.

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

CUNHA, S. B. da, GUERRA, A. J. T. *Degradação Ambiental*. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da 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.

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.

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. 280 p.

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.

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

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.

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.

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 β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44°C - 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 β -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 afluente): 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 - Eventuais 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 I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES

PADRÕES

PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila a	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercurio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5
	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag

TABELA I (Cont.) - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES

Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Acrilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclododecano	0,001 µg/L
Endossulfan (a + b + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,02 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metolacloro	10 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Paration	0,04 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L

TABELA I (Cont.) - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES

Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Simazina	2,0 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloreto de carbono	0,002 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Tolueno	2,0 µg/L
Toxafeno	0,01 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,063 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 mg/L
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L
Trifluralina	0,2 µg/L
Xileno	300 µg/L

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

PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzidina	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
Heptacolor epóxido + Heptacolor	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
Tetracloreto 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 lêntico.

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 III - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES

PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila a	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be
Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd
Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr

TABELA III (Cont.) - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES

Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Mercurio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para pH $\leq$ 7,5
	5,6 mg/L N, para 7,5 < pH $\leq$ 8,0
	2,2 mg/L N, para 8,0 < pH $\leq$ 8,5
	1,0 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (como H ₂ S não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzo(a)pireno	0,7 µg/L
Carbaril	70,0 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,3 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	14,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	30 µg/L
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (a + b + sulfato)	0,22 µg/L
Endrin	0,2 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,01 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	280 µg/L
Gutien	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03 µg/L
Lindano (γ-HCH)	2,0 µg/L

TABELA III (Cont.) - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES

Malation	100,0 µg/L
Metoxicloro	20,0 µg/L
Paration	35,0 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Toxafeno	0,21 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	2,0 µg/L TBT
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L

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.

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 cômodo 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.