



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**"Variação e tendências dos parâmetros de qualidade de água
do ecossistema aquático da microbacia hidrográfica
Córrego da Onça no município de Ilha Solteira/SP"**

MAURO MARTINS

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Luís de Carvalho

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Ilha Solteira - SP
outubro/2009

FICHA CATALOGRÁFICA

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

- M386v Martins, Mauro.
 Variação e tendências dos parâmetros de qualidade de água do
ecossistema aquático da microbacia hidrográfica Córrego da Onça no
município de Ilha Solteira/SP / Mauro Martins. -- Ilha Solteira :
[s.n.], 2009.
 56 f. : il.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade
de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos
e Tecnologias Ambientais, 2009
- Orientador: Sérgio Luís de Carvalho
 Bibliografia: p. 54-56
1. Água - Qualidade. 2. Lagoas. 3. Microbacias hidrográficas.
 4. Água - Poluição.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Variação e Tendências dos Parâmetros de Qualidade de Água no Ecossistema Aquático da Microbacia Hidrográfica Córrego da Onça no Município de Ilha Solteira/SP

AUTOR: MAURO MARTINS

ORIENTADOR: Prof. Dr. SERGIO LUIS DE CARVALHO

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

Prof. Dr. SERGIO LUIS DE CARVALHO

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. JOÃO HENRIQUE PINHEIRO DIAS

Setor de Meio Ambiente da CESP/ U.H. de Jupiá - Três Lagoas/MS

Prof. Dr. EVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA

Departamento de Hidráulica e Saneamento / Escola de Engenharia de São Carlos-Usp

RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar os parâmetros da qualidade de água em duas lagoas e um riacho situado na microbacia hidrográfica Córrego da Onça, no município de Ilha Solteira, noroeste do Estado de São Paulo. As amostras foram realizadas mensalmente entre janeiro a agosto de 2008, período compreendido entre os maiores índices de seca e de chuvas, sendo coletadas amostras de água em cinco pontos para avaliação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, buscando-se a aplicação do índice de qualidade de água, a fim de se identificar as variáveis que afetam a qualidade desses corpos d'água.

As variações dos parâmetros analisados ocorreram em função da estação climática, a qual corresponde ao período de alta e baixa pluviosidade, e em consequência de atividades antrópicas, como o uso da terra por lavouras e pastagens, constituindo-se a ocupação da microbacia e, em grande parte apresentando ausência de matas ciliares, ocasionando, dessa forma, processos erosivos com arreamento de resíduos orgânicos e inorgânicos, que podem comprometer a qualidade das águas desse corpo hídrico ao longo do tempo, tornando-a imprópria para o consumo humano e para a vida aquática.

Palavras chave: Qualidade de água; lagoas; microbacia hidrográfica; poluição de água

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the parameters of water quality in two ponds and a creek located in the watershed of the Córrego da Onça in the town of Ilha Solteira, northwest of State São Paulo. Samples were taken monthly from January to August 2008 period the highest rates of dry and rainy, and collected water samples from five points to evaluate the physical, chemical and biological agents, seeking the application of the index water quality, in order to identify the variables that affect the quality of these water bodies.

Variations of the parameters analyzed occurred between seasons change, which corresponds to the high and low rainfall, and as a result of human activities, such as the use of land for crops and pastures, becoming the occupation of the watershed, and most showed absence of riparian vegetation, leading thus to erosion with trappings of organic and inorganic waste, which can compromise the quality of that water body over time, making it unfit for human consumption and for life water.

Keywords: Quality of water, lake, watershed district; pollution of water

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais processos de contaminação e poluição das águas.....	17
Figura 2: Localização da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Onça no município de Ilha Solteira, Estado de São Paulo.....	26
Figura 3: Vista parcial da lagoa menor, verificando-se na área de entorno a presença de lavoura e pastagem, na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Onça. Ilha Solteira, 2008.....	27
Figura 4: Vista parcial da lagoa maior na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Onça verificando-se na área de entorno a presença de lavoura e pastagem. Ilha Solteira, 2008.....	27
Figura 5: Riacho que promove a junção entre as duas lagoas avaliadas no presente estudo na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Onça. Ilha Solteira, 2008.....	28
Figura 6: Exutório da lagoa maior, dando início ao Córrego da Onça. À direita, presença de mata nativa. Ilha Solteira, 2008.....	28
Figura 7: Trecho de mata ciliar no Córrego da Onça, com predominância de área de pastagem e lavoura. Ilha Solteira, 2008.....	29
Figura 8: Curvas de variação e pesos relativos aos parâmetros do IQA.....	32
Figura 9: Peagâmetro de membrana.....	35
Figura 10: Balança de precisão.....	35
Figura 11: COD Reactor.....	35
Figura 12: Estufa de cultura.....	35
Figura 13: Espectrofotômetro.....	35
Figura 14: Turbidímetro.....	35
Figura 15: Representação esquemática dos pontos de amostragens na microbacia hidrográfica do Córrego da Onça em Ilha Solteira- SP, 2008.....	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Parâmetros e pesos relativos ao índice de qualidade de água.....	33
Quadro 2: Síntese dos métodos e equipamentos empregados para análises físico-químicas e microbiológica, e limites de Detecção das variáveis analisadas nos pontos amostrados da Microbacia do Córrego da Onça.....	34
Quadro 3 : Distribuição dos resultados obtidos de temperatura (°C) e dados pluviométricos mensais (mm/mês).....	37
Quadro 4: Distribuição dos resultados obtidos de turbidez (UNT) e dados pluviométricos mensais (mm/mês).....	39
Quadro 5: Distribuição dos resultados obtidos de sólidos totais (mg/L) e dados pluviométricos mensais (mm/mês).....	40
Quadro 6: Distribuição dos resultados de oxigênio dissolvido (mg/L de O ₂) e dados pluviométricos mensais (mm/mês).....	42
Quadro 7: Distribuição dos resultados obtidos de DBO _{5,20} (mg/L consumido de O ₂) e dados pluviométricos mensais (mm/mês).....	43
Quadro 8: Distribuição dos resultados obtidos de pH e dados pluviométricos mensais (mm/mês).....	44
Quadro 9: Distribuição dos resultados obtidos de fósforo total (mg/L de P) e dados pluviométricos mensais (mm/mês).....	45
Quadro 10: Distribuição dos resultados de nitrogênio total (mg/L de N) e dados pluviométricos mensais (mm/mês).....	47
Quadro 11: Valoração do Índice de qualidade das águas.....	48
Quadro 12: Representação gráfica dos resultados de IQA nos pontos de amostragens durante as coletas.....	49
Quadro 13: Valores de IQA calculados para o ponto 1.....	50
Quadro 14: Valores de IQA calculados para o ponto 2.....	50
Quadro 15: Valores de IQA calculados para o ponto 3.....	51
Quadro 16: Valores de IQA calculados para o ponto 4.....	51
Quadro 17: Valores de IQA calculados para o ponto 5.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1. Estrutura dos ecossistemas.....	11
2.2. Metabolismo de ecossistemas.....	11
2.3. Ecossistemas aquáticos naturais.....	12
2.4. Dinâmica de lagos.....	12
2.5. Lagoas e cursos d'água.....	13
2.6. Compartimentos de lagos.....	14
2.7. Usos humanos e Impactos ambientais sobre a qualidade da água.....	15
2.8. Fontes e dispersão de poluentes.....	16
2.9. Processos de autodepuração em de corpos d'água.....	18
2.10. Parâmetros de qualidade de águas.....	19
2.10.1. Temperatura da água (T).....	19
2.10.2. Turbidez (TB).....	19
2.10.3. Sólidos totais (ST).....	20
2.10.4. Potencial hidrogeniônico (pH).....	21
2.10.5. Oxigênio dissolvido (OD).....	21
2.10.6. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	22
2.10.7. Fósforo total (PT).....	23
2.10.8. Nitrogênio total (NT).....	24
2.10.9. Coliformes fecais (CF).....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1. Caracterização da área de estudo.....	26

3.2. Índices utilizados para a avaliação da qualidade de água.....	30
3.3. Pontos de Amostragens.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1. Resultados obtidos das variáveis analisadas.....	37
4.1.1. Temperatura.....	37
4.1.2. Turbidez.....	38
4.1.3. Sólidos totais.....	39
4.1.4. Oxigênio dissolvido.....	41
4.1.5. Demanda bioquímica de oxigênio.....	42
4.1.6. Potencial hidrogeniônico.....	44
4.1.7. Fósforo total.....	45
4.1.8. Nitrogênio total.....	46
4.1.9. Coliformes fecais.....	48
4.2. Avaliação do Índice de Qualidade de Água (IQA).....	48
4.2.1. Valores do IQA no ponto 1 (início da lagoa menor).....	50
4.2.2. Valores do IQA no ponto 2 (exutório da lagoa menor).....	50
4.2.3. Valores do IQA no ponto 3 (trecho médio do riacho).....	50
4.2.4. Valores do IQA no ponto 4 (entrada da lagoa maior).....	51
4.2.5. Valores do IQA no ponto 5 (exutório da lagoa maior).....	52
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
6. REFERÊNCIAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

A água constitui elemento essencial à vida, sendo ainda um componente da paisagem e necessária a maioria das atividades humanas. Em razão disto são muito importantes os estudos que ampliem os conhecimentos sobre a qualidade dos recursos hídricos bem como as possíveis interferências antrópicas aos ecossistemas aquáticos, e as formas de manejo que contribuam para a sua preservação.

Dentre os recursos naturais renováveis a água apresenta naturalmente a capacidade de autodepuração, entretanto, o seu padrão de potabilidade encontra-se em constante ameaça pelas ações antrópicas. Neste sentido, os recursos hídricos revelam as possibilidades de bens econômicos e, por outro lado, o desequilíbrio nas condições ambientais.

A poluição dos corpos de água vem adquirindo dimensões e complexidade cada vez maiores, exigindo-se medidas preventivas e corretivas para seu controle. O manejo integrado de águas depende de uma série de variáveis ambientais que se interrelacionam.

Os compostos orgânicos e inorgânicos produzidos, direta ou indiretamente, pelas atividades antrópicas, causam impactos negativos e extremamente nocivos à saúde humana e ao meio ambiente. Estes compostos podem ser altamente tóxicos, aos organismos vivos, podem sofrer processo de bioacumulação, e não se degradam facilmente nos corpos de água.

O lançamento de poluentes acima da capacidade de autodepuração da água em rios e lagos caracteriza a sua poluição. Esta vulnerabilidade é representada pela sensibilidade de um corpo d'água ser afetado por uma carga contaminante imposta por qualquer atividade antrópica, que promova algum tipo de alteração física, química e/ou biológica na sua qualidade, tornando-a imprópria para o consumo humano e para a vida aquática. A degradação dos ecossistemas aquáticos gera condições adversas para as atividades sociais e econômicas, e contribui desfavoravelmente à fauna, à flora e às condições estéticas e sanitárias devido ao lançamento de matéria e energia em discordância com os padrões ambientais recomendados.

Na medida em que se torna mais intenso e diversificado o uso dos lagos, mananciais e suas bacias hidrográficas, maior é a necessidade de se definir formas de manejo sustentado e de gerenciamento desses ecossistemas. Qualquer programa de

acompanhamento da qualidade da água, ao longo do tempo e do espaço, gera um grande número de dados analíticos que precisa ser transformado em um formato sintético, para compreensão do estado atual e suas tendências, a fim de ser utilizada como informação gerencial e como ferramenta na tomada de decisões relativas aos recursos hídricos. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar a qualidade da água de duas lagoas e um riacho da microbacia hidrográfica Córrego da Onça no município de Ilha Solteira-SP, a partir da análise das condições físicas, químicas e biológicas da água utilizando-se o Índice de Qualidade da Água (IQA), como um importante parâmetro destes estudos. Com isto, pretende-se obter subsídios que permitam melhor identificar a potencialidade de transmissão de doenças e a quantidade de resíduos, principalmente na forma de matéria orgânica, oriunda possivelmente de esgotos, bem como, avaliar a degradação ambiental na área de entorno da microbacia. Os dados obtidos podem fornecer importantes informações, que permitem um diagnóstico das áreas prioritárias para o controle da poluição e da erosão, servindo de diretriz para a elaboração futura de um plano de desenvolvimento sustentável para a área de influência da microbacia hidrográfica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Estrutura dos ecossistemas

O conjunto de seres vivos em um ecossistema interage entre si e com o meio ambiente de forma equilibrada, por meio da reciclagem de matéria e do uso eficiente da energia solar. A natureza fornece todos os elementos necessários às atividades de todos os seres vivos, sendo o conjunto de características físicas denominado de biótopo, enquanto que o conjunto de seres vivos recebe o nome de biocenose.

Portanto, a união entre esses conjuntos, biótopo e biocenose, forma o que é normalmente chamado de ecossistema. Verifica-se que o corpo d'água é um sistema estável, equilibrado e auto-suficiente, desde que não sofra interferências antrópicas apresentando em toda a sua extensão características topográficas, climáticas, pedológicas, botânicas, zoológicas, hidrológicas e geoquímicas variáveis. Os ecossistemas são compostos por elementos abióticos, ou seja, material inorgânico, como, água, ar e solo, e elementos bióticos, os seres vivos. Estes elementos interagem-se de forma estreita, uma vez que compostos como oxigênio (O_2), dióxido de carbono (CO_2) e vapor d'água (H_2O) estão em constante fluxo entre os seres vivos e o ambiente externo (ODUM et al., 1988).

2.2. Metabolismo de ecossistemas

Os ciclos biogeoquímicos nos ecossistemas são resultantes do conjunto das atividades biológicas, principalmente. A própria bióta é dividida por grupos de organismos de mesma função metabólica. Além dos elementos gasosos que compõem a água isto é o oxigênio e o hidrogênio, também o carbono, o nitrogênio e o fósforo, que são os principais constituintes da biomassa dos organismos, passam de formas inorgânicas dissolvidas para formas orgânicas particuladas e dissolvidas através dos processos de fotossíntese e de biossíntese, enquanto estas últimas formas retornam as primeiras através de vários processos catabólicos. O estudo destes processos que controlam os ciclos biogeoquímicos fornece informações básicas sobre as diversas vias de produção, transformação e reciclagem da matéria orgânica no meio e, portanto, sobre as características funcionais dos grupos envolvidos, como também as relações de dominâncias e de subordinação que há dentro da biota. Desta maneira, o estudo dos ciclos biogeoquímicos pode ser útil para verificar a parte do ecossistema e as comunidades de maior participação e

constituir o esqueleto mais apropriado para desenvolver estudos de ecossistemas segundo uma abordagem sistêmica. O ecossistema organiza-se em grande parte em função de fluxos energéticos. Existe permanentemente uma hierarquia e relações de subordinações entre diferentes grupos de organismos, atribuídos pelos próprios meios de abastecimento em energia destes grupos (CARMOUZE, 1994).

2.3. Ecossistemas aquáticos naturais

Os ecossistemas aquáticos continentais tornam-se cada vez mais indispensáveis à vida moderna, pois estão relacionadas às mais variadas atividades humanas, entre elas a produção de alimentos e abastecimento doméstico. A integridade e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos dependem da interação destes com o sistema terrestre, incluindo-se aí a origem. A diversidade da fauna e flora das águas continentais está relacionada com os mecanismos de funcionamento de rios, lagos, áreas alagadas e represas, tais como o ciclo hidrológico e a variedade de habitats.

Todo ecossistema aquático continental apresenta uma dependência e uma relação hidrogeoquímica com as condições geológicas básicas da bacia hidrográfica e com a origem das águas naturais que constituem o sistema lótico e lêntico de uma bacia hidrográfica. Em todos os ecossistemas aquáticos o oxigênio é um componente primordial. Em alguns lugares a quantidade do oxigênio na água foi alterada pela ação do homem, particularmente devido às águas residuais não depuradas. A ação dos despejos de origem humana reduziu a biodiversidade na maioria dos ecossistemas produzindo a extinção de muitas espécies. O grau de contaminação pode ser calculado através da demanda bioquímica de oxigênio, para isso é determinada a concentração de oxigênio na água antes e depois da incubação (PINTO-COELHO, 2000).

2.4. Dinâmica de lagos

O perfil vertical de temperatura em lagos varia com as estações do ano, e esta variação de temperatura afeta a densidade da água e, em decorrência disso, a capacidade de mistura e estratificação do corpo d'água. Durante o verão e os meses mais quentes do ano, a temperatura da camada superficial é bem mais elevada que a temperatura do fundo. Devido a este fato, a densidade da água superficial torna-se inferior à densidade da camada do fundo, fazendo com que haja camadas distintas no corpo d'água. O epilímnio é camada superior, mais quente, menos densa e com

maior circulação; a termoclina é a camada de transição; e o hipolímnio é a camada inferior, mais fria, mais densa e com maior estagnação. A diferença de densidades pode ser tal, que cause uma completa estratificação no corpo d'água, com as três camadas não se misturando entre si. Esta estratificação tem uma grande influência na qualidade da água. Dependendo do grau de trofia do corpo d'água, poderá haver uma ausência completa de oxigênio dissolvido no hipolímnio. Em decorrência, nesta camada têm-se a predominância de compostos reduzidos de ferro, manganês e outros. Com a chegada do período frio, há um resfriamento da camada superficial do lago, causando certa homogeneização na temperatura ao longo de toda a profundidade. Com a homogeneização da temperatura, tem-se também uma maior similaridade entre as densidades. A camada superior, subitamente resfriada, tende a ir para o fundo do lago, deslocando a camada inferior e causando um completo revolvimento do lago. A este fenômeno dá-se o nome de inversão térmica. Em lagos que apresentam uma maior concentração de compostos reduzidos no hipolímnio, a reintrodução destes na massa d'água de todo o lago pode causar uma grande deterioração na qualidade da água. A redução da concentração de oxigênio dissolvido, devido à demanda introduzida pelos compostos orgânicos e inorgânicos reduzidos, bem como à ressuspensão da camada anaeróbia do fundo, pode causar a mortandade de peixes (VON SPERLING, 1996).

2.5. Lagoas e cursos d'água

Muitos tipos de lagoas, às vezes se formam quando canais se enchem de água em áreas baixas de antigos cursos d'água e outros em depressões. Existem também depressões em terrenos onde um canal de água do subsolo aflora à superfície criando reservatórios superficiais, estas são as lagoas naturais. Entretanto, existe a criação de reservatórios para diversos fins, indiferente da sua estrutura física original que possuem os mesmos padrões ecológicos. As lagoas contem três grupos de produtores, são eles, o fitoplâncton, as macrófitas e as algas de fundo. As drenagens trazem às lagoas matéria orgânica e nutrientes dissolvidos. O nível da água sobe e desce naturalmente, dentro dos limites do estanque. Este fenômeno se traduz em um processo enormemente diversificado de geração de pântanos e charcos. Estas condições ajudam a manter a diversidade do ecossistema aquático e serve de prevenção à concentração excessiva de nutrientes. Esta zona é um bom habitat para a vida selvagem. A variação das condições secas e úmidas é importante

para ciclos vitais de muitos organismos. A época em que a água cobre o solo se denomina hidroperíodo. No que tange a cursos d'águas verifica-se que muitos cursos d'água que fluem em zonas rochosas ou áreas arenosas são chamados de oligotróficos. Pode converter-se em eutróficos se receberem suficientes nutrientes de depósitos minerais, águas servidas e drenagem de ambientes antrópicos (ODUM et al., 1988).

2.6. Compartimentos de lagos

Os compartimentos de um lago são a região litorânea, a região limnética ou pelágica, a região profunda e a interface água-ar. Esta classificação tem apenas caráter didático uma vez que estes compartimentos não estão isolados dentro do ecossistema aquático, mas sim em constante interação através de trocas de matéria e energia superpondo-se muitas vezes. A região litorânea corresponde ao compartimento do lago que está em contato direto com o ecossistema terrestre adjacente, sendo, portanto, influenciado diretamente por ele. Pode-se considerar este compartimento uma região de transição entre o ecossistema terrestre e o lacustre. Por esta razão, trata-se de um compartimento com grande número de nichos ecológicos e cadeias alimentares, tanto de herbivoria na qual a fonte de energia é a biomassa vegetal viva, como de detritívora que tem como fonte de energia a biomassa morta. Pode-se considerar esta última como a principal responsável pelo fluxo de energia neste compartimento, no qual participam inúmeros invertebrados aquáticos. A região litorânea apresenta todos os níveis tróficos de um ecossistema, os produtores primários, os consumidores e os decompositores. Assim, esta região pode ser considerada como um compartimento autônomo dentro do ecossistema aquático. Em muitos ecossistemas lacustres, a região litorânea é pouco desenvolvida ou mesmo ausente, como é o caso das barragens. A região limnética ou pelágica, ao contrário da região litorânea, é encontrada em quase todos os ecossistemas aquáticos. Sua comunidade característica é o plâncton e o nécton. A comunidade planctônica é constituída pelo fitoplâncton, as bactérias, algas unicelulares e pluricelulares; e invertebrados, o zooplâncton, que se caracterizam pela capacidade de flutuar na água. Certamente a alta viscosidade da água desempenhou importante papel na evolução da comunidade planctônica. Outra comunidade típica da região pelágica é o nécton, que ao contrário do plâncton, possui movimentos próprios, por isso pode ser freqüentemente encontrado na região

profunda. Em lagos, esta comunidade é formada quase que exclusivamente por peixes. A região profunda é caracterizada pela ausência de organismos fotoautótrofos, causada pela ausência de luz e por isso ser uma região totalmente dependente da produção de matéria orgânica na região litorânea e limnética. Sua comunidade, a bentônica, é formada principalmente por invertebrados aquáticos. A diversidade e a densidade populacional dos organismos bentônicos dependem, em primeiro lugar, da quantidade de alimento disponível e da concentração de oxigênio da água (ESTEVES, 1998).

2.7. Usos humanos e Impactos ambientais sobre a qualidade da água

De acordo com Agência Nacional de Águas - ANA e Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, em 1997, dada a sua utilidade, a água é considerada um recurso finito e de grande valor econômico. Um recurso tão importante que define o desenvolvimento que uma região ou sociedade pode alcançar. A quantidade e a natureza dos constituintes presentes na água variam principalmente conforme a natureza do solo de onde são originárias, das condições climáticas e do grau de poluição que lhes é conferido, especialmente pelos despejos lançados nos corpos d'água. Durante o ciclo hidrológico a água sofre alterações em sua qualidade. Isso ocorre nas condições naturais, em razão das inter-relações dos componentes do sistema de meio ambiente (SETTI et al., 2000).

Segundo o mesmo autor os recursos hídricos têm capacidade de diluir e assimilar as impurezas orgânicas e inorgânicas, mediante processos físicos, químicos e biológicos, que proporcionam a sua autodepuração. Entretanto, essa capacidade é limitada em face da quantidade e qualidade de recursos hídricos existentes. Existem substâncias que não se autodepuram e causam poluição cumulativa das águas, com sérios riscos ao homem, à fauna e à flora, quando não tratadas e lançadas nos rios, lagos e mesmo no solo. A água pode servir, ainda, de veículo para a transmissão de doenças, principalmente quando recebe lançamento de esgotos sanitários não tratados, constituindo sério risco à saúde pública. O lançamento de resíduos sólidos e detritos é fator de poluição e obstrução dos corpos de água, assim como a erosão do solo rural e o assoreamento dos cursos de água são fatos extremamente danosos.

Para a Agência Nacional de Águas, os setores usuários das águas são os mais diversos. Dependendo de sua utilização pode ter caráter consumptivo, o que ocorre

quando a água é captada do seu curso natural e somente parte dela retorna ao curso normal do rio, ou não consultivo, onde toda a água captada retorna ao curso d'água de origem. As agências ANA e ANEEL estabelecem duas principais maneiras de usos consumptivos de água - o abastecimento urbano com usos doméstico, industrial e comercial, e o abastecimento rural, para fins de consumo humano, de dessedentação de animais e de irrigação na agricultura. Este é o uso da água de maior consumo, demandando cuidados e técnicas especiais para o aproveitamento racional com o mínimo de desperdício. Quando utilizada de forma incorreta, além de problemas quantitativos, a irrigação pode afetar drasticamente tanto a qualidade dos solos quanto a dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, devido à prática de fertirrigação com corretivos e agrotóxicos. Os usos consumptivos de água devem ser considerados para a elaboração do balanço entre a disponibilidade e a demanda (SETTI et al., 2000).

De acordo com Resolução nº 01 de 23/01/86 o termo impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, resultante de atividades humanas que direta ou indiretamente afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a bióta; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

2.8. Fontes e dispersão de poluentes

Geralmente, poluentes podem ser liberados para o ambiente na forma de gases, substâncias dissolvidas ou na forma de material particulado. Poluentes percorrem diversas vias, inclusive na atmosfera e no solo, podendo originar-se de fontes pontuais ou difusas. Não existe uma clara divisão entre estas fontes, pois em nível de fontes pontuais. Coleta e descarga de águas residuárias resultam em fontes pontuais de poluição. Aspersão de pesticidas e aplicação de fertilizantes representa fontes difusas. Águas residuárias de origem doméstica e industrial, sem tratamento ou com tratamento inadequado, representam a maior fonte de poluição pontual em termos globais. Sendo os pontos de descarga de águas residuárias fontes pontuais fixas, perfis de qualidade de água podem servir para sua localização. Algumas fontes possuem fluxos aproximadamente constantes, enquanto outras são ocasionais, como no caso de vazamentos acidentais (PAIVA et al., 2003).

mencionar o excesso de matéria orgânica produzida pelos animais nos sistemas intensivos, sobretudo de esterco. Essa matéria é utilizada nas áreas agrícolas mais próximas, mas seu emprego em quantidades exageradas pode contaminar a água subterrânea e as águas superficiais com sólidos e microrganismos patogênicos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA, 2008).

2.9. Processos de autodepuração em de corpos d'água

A autodepuração pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica, na qual ocorre uma seqüência sistemática de substituições de uma comunidade por outra, até que uma comunidade estável se estabeleça em equilíbrio com as condições locais. Ao atingir o corpo d'água a matéria orgânica sofre um processo de neutralização que inclui a diluição, a sedimentação e a estabilização bioquímica. A reoxigenação é o processo mais sensível, sendo às vezes confundida com a própria definição de autodepuração. O fenômeno de autodepuração está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos naturais, após alterações induzidas pelos despejos afluentes. Dentre alguns fatores que influenciam na autodepuração pode-se destacar a agitação ou turbulência da massa d'água, a presença de seres clorofilados, a transferência das águas, e a profundidade da lâmina d'água. O equilíbrio é reconstituído, porém em condições diferentes das anteriores. Deve-se ressaltar que uma água pode ser considerada depurada, sob certo ponto de vista, mesmo que não esteja purificada em termos higiênicos, isto é, ainda apresenta organismos patogênicos. Assim, existem limites para o corpo ou curso d'água receptor. Uma autodepuração pode ser atingida ou não, dependendo de alguns fatores, que podem ser de acordo com a quantidade de poluentes; a natureza dos poluentes; o despejo esporádico ou permanente de efluentes; a temperatura; a quantidade de oxigênio dissolvido na água; a massa aquática receptora; e sua capacidade de diluir os diferentes materiais que afetam o ambiente aquático; entre outros (VON SPERLING, 1996).

2.10. Parâmetros de qualidade de águas

Seqüencialmente estão apresentados os parâmetros utilizados na caracterização da qualidade em corpos d'água. Os dados referentes às variáveis de qualidade de águas são apresentados de acordo com a Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Defesa do Meio Ambiente - CETESB (2007)

2.10.1. Temperatura da água (T)

A temperatura influi em algumas propriedades da água, com reflexos sobre a vida aquática. A transferência de calor pode ser por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo), ou ainda pode ter origem em despejos industriais. As elevações de temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas, aumenta também a taxa de transferência dos gases, o que pode causar mau cheiro e diminuem a solubilidade dos gases (ex: oxigênio dissolvido). É utilizada na caracterização de corpos d'água e águas residuárias brutas (SPERLING, 1996).

Segundo Sewell (1978), o acréscimo de temperatura pode provocar alterações físicas, como na densidade, na viscosidade, na pressão do vapor e no oxigênio dissolvido. Efeitos químicos, acelerando reações químicas e bioquímicas, e efeitos biológicos, podendo se tornar letal a organismos adaptados a determinadas condições físicas.

2.10.2. Turbidez (TB)

A turbidez é atribuída a partículas sólidas em suspensão, que pode ser provocada por plâncton, detritos orgânicos e outras substâncias como zinco, ferro, composto de manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão, ou adição de despejos domésticos ou industriais (BATALHA; PARLATORE, 1977).

As partículas de turbidez, além de diminuir a claridade e reduzir a transmissão da luz na água, podem provocar o sabor e o odor da mesma, uma vez que transportam matéria orgânica absorvida.

É agravada pela presença de sólidos em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas provenientes de despejos domésticos e industriais, que segundo Branco (1983), a precipitação dessas partículas perturba o ecossistema aquático. Por ser de origem natural, não traz inconvenientes sanitários diretos, mas é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos.

Os padrões internacionais da água de consumo humano, da Organização Mundial da Saúde (OMS), recomendam um nível de turbidez de até 5 unidades (BATALHA; PARLATORE, 1977). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece que o limite de turbidez para um rio Classe II é de 100 NTU.

2.10.3. Sólidos totais (ST)

Lima (2001) ressalta que a quantidade e a natureza da matéria dissolvida e não dissolvida que ocorre no meio líquido varia grandemente. Nas águas potáveis, a maior parte da matéria está na forma dissolvida e consistem principalmente de sais inorgânicos, pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos. O conteúdo de sólidos totais geralmente varia entre 20 e 1000 mg/L e o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 500 mg/L para os sólidos dissolvidos totais.

Nas águas naturais, os sólidos dissolvidos estão constituídos principalmente por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e, principalmente, nitratos de cálcio, magnésio, potássio, pequenas quantidades de ferro, magnésio e outras substâncias (BATALHA; PARLATORE, 1977).

Segundo Branco (1983) todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos, os quais podem ser classificados pelas suas características físicas (suspensos e dissolvidos) e químicas (orgânicos e inorgânicos). Segundo o mesmo autor, os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos, ao passo que os sólidos fixos caracterizam a presença de matéria inorgânica ou mineral. Entretanto, a APHA (1995) salienta que as determinações de sólidos fixos e voláteis não se distinguem exatamente entre materiais orgânicos e inorgânicos porque a perda de peso pelo aquecimento não se limita ao material orgânico, incluindo, também, perda por decomposição ou volatilização de alguns sais minerais como: carbonatos, cloretos, sulfatos, sais de amônio, entre outros.

2.10.4. Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , em escala antilogarítmica, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14. Podem ser de origem natural através da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Pode ter origem antropogênica, através de despejos domésticos oxidação da matéria orgânica e despejos industriais.

Segundo Lima (2001), o pH da grande maioria dos corpos d'água varia entre 6,0 e 8,0. Ecossistemas que apresentam valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone.

Nesses ecossistemas, são encontradas altas concentrações de ácido sulfúrico, nítrico, oxálico, acético, além de ácido carbônico, formado, principalmente, pela atividade metabólica dos microorganismos aquáticos. A resolução CONAMA 357/05 define para um rio Classe II um pH variando entre 6, e 9,0.

2.10.5. Oxigênio dissolvido (OD)

A introdução de oxigênio na água se dá por meio de difusão atmosférica ou de atividade fotossintética de plantas aquáticas, sendo, posteriormente, consumida 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, quase sempre, varia durante o dia. Esta variação diurna depende da intensidade das atividades fotossintéticas e das mudanças de temperatura. 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 a 4 mg/L é usualmente considerada baixa para este fim (PITTER, 1993).

Valores de oxigênio dissolvido inferiores ao valor de saturação podem indicar a presença de matéria orgânica e valores superiores à existência de crescimento anormal de algas, uma vez que, como citado antes, elas liberam oxigênio durante o processo de fotossíntese.

Para 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 aonde 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. Com isso crescem e se multiplicam e mais oxigênio dissolvido é consumido enquanto houver matéria orgânica proveniente das fontes de poluição. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece que em qualquer amostra a quantidade de oxigênio dissolvido não pode ser inferior a 5,0 mg/L.

2.10.6. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Utilizada para exprimir o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente, corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microorganismos do esgoto ou águas poluídas. Retrata de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água. A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20 °C.

Segundo Caiado et al. (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 bioensaio 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). É um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água (SPERLING, 1996). O valor fixado pela Resolução CONAMA 357/05 para um rio Classe II é no máximo de 5,0 mg/L.

2.10.7. Fósforo total (PT)

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. Os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo. O fósforo orgânico é normalmente de menor importância. Conforme Sperling (1996) o fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento. O fósforo é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, a eutrofização.

Pode ter origem natural, sendo proveniente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica, e origem antropogênica quando for proveniente de despejos domésticos, despejo industrial, detergentes, excrementos de animais, inseticidas e pesticidas. Feitosa et al. apud Lima (2001) enfatizam que, devido à ação dos microorganismos, a concentração de fósforo pode ser baixa (<0,5 mg/L) em águas naturais e valores acima de 1,0 mg/L são geralmente indicativos de águas poluídas. O CONAMA fixa a quantidade de fósforo total em 0,025 mg/L.

2.10.8. Nitrogênio total (NT)

Para Nuvolari (2003) o reservatório natural de nitrogênio é o ar atmosférico, mistura de gases na qual o N₂ aparece na proporção de 78,08% em volume. É um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, processo denominado eutrofização. O nitrogênio, nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e depois a nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio, o que pode afetar a vida aquática (SPERLING, 1996). O nitrogênio pode ter origem natural, pois é constituinte de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos. Mas também podem ter origem antropogênica, sendo originários de despejos domésticos, despejos industriais, excrementos de animais e fertilizantes.

As diferentes formas dos compostos de nitrogênio encontradas no meio aquático podem ser utilizadas como indicadores da qualidade sanitária das águas. Mota (1997) salienta que nitrogênio orgânico e amônia estão associados a efluentes e águas recém-poluídas. Com o passar do tempo, o nitrogênio orgânico é convertido

em nitrogênio amoniacal e, posteriormente, se condições aeróbias estão presentes, a oxidação da amônia acontece transformando-se em nitrito e nitrato. Conforme ressalta Sperling (1996) que em um corpo d'água, a determinação da parcela predominante de nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição. Segundo Mota (2003) o nitrogênio pode estar presente na água sob várias formas - molecular, amônia, nitrito, nitrato - é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos. Na forma de nitrato, quando em concentrações muito elevadas na água, pode causar a metemoglobinemia e, na forma de amônia, é tóxico aos peixes. Os compostos de nitrogênio, na forma orgânica ou de amônia, referem-se à poluição recente, enquanto que nitrito e nitrato à poluição mais remota. A Resolução CONAMA estabelece limites para amônia não-ionizável (NH_3), de 0,02 mg/L, Nitrato, 10,0 mg/L, e Nitrito, 1,0 mg/L.

2.10.9. Coliformes (CF)

São indicadores da presença de microrganismos patogênicos na água, sendo que a presença das bactérias coliformes fecais na água de um rio significa que esse rio recebeu matérias fecais, ou esgotos. Assim, se a água recebe fezes, ela pode muito bem estar recebendo micróbios patogênicos. Por isso, a presença de coliformes fecais na água indica a possível presença de seres patogênicos, causadores de doenças. As bactérias coliformes que residem no intestino do homem são excretadas em grandes quantidades nas fezes do homem e dos animais de sangue quente. Esgoto doméstico bruto geralmente contém mais de 3 milhões de coliformes por 100 mL. As bactérias e vírus patogênicos causadores de doenças entéricas no homem se originam da mesma fonte, ou seja, descargas fecais de pessoas contaminadas.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade de existência de microorganismos patogênicos e que transmitem doenças. Quando a densidade de coliformes é usada como um critério para julgar as necessidades de tratamento, a água bruta pode ser classificada em águas limpas, águas boas e águas poluídas. A diversidade de coliformes na água bruta deve ser expressa em termos de número mais provável - NMP (BATALHA; PARLATORE, 1977).

Recentemente vários autores vêm sugerindo a utilização apenas da bactéria *E. coli* como indicadora de poluição fecal, embora Fisher et al. apud Lima (2001) tenham encontrado cepas de *E. coli* em áreas de reserva florestal (ambientes protegidos da ação antrópica), o que sugere que a mesma possa ser de origem autóctone.

Salienta-se que o limite padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, é de $1,0^{+3}$ NMP/100ml, para a qualidade da água em relação à sua potabilidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

As duas lagoas situam-se em uma propriedade rural de 2940 ha denominada de fazenda São José, localizada na microbacia hidrográfica Córrego da Onça, no município de Ilha Solteira, noroeste do Estado de São Paulo, conforme figura 2, circunscrita pelas coordenadas geográficas - Latitudes $20^{\circ}38'28''$ S e $20^{\circ}28'25''$ S e Longitudes $51^{\circ}31'32''$ W e $51^{\circ}14'20''$ W. A microbacia hidrográfica possui um perímetro de 43.632 m e área de 11.898 ha.

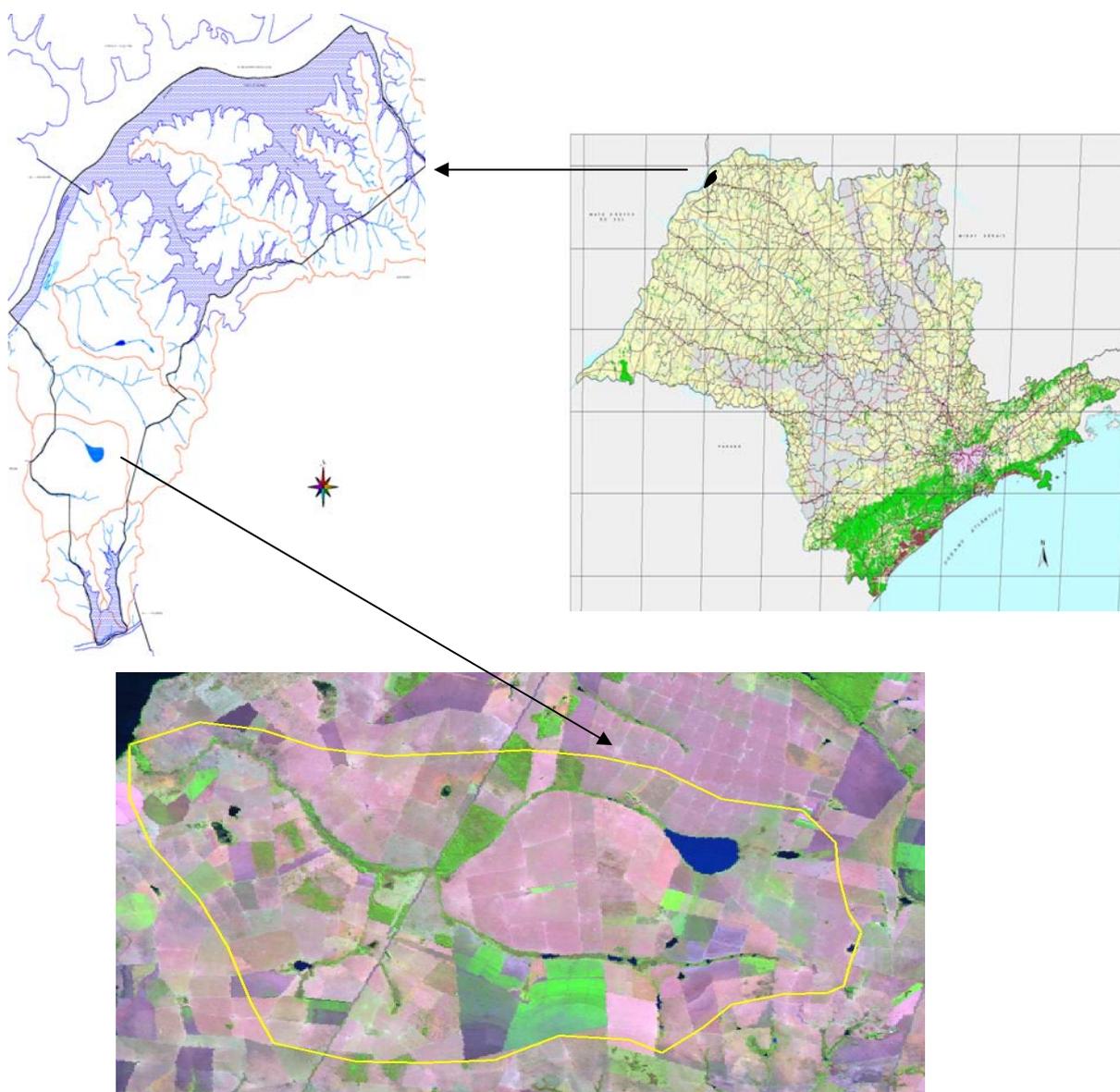


Figura 2 - Localização da microbacia hidrográfica do Córrego da Onça no município de Ilha Solteira, Estado de São Paulo

A lagoa menor, conforme figura 3 refere-se a um corpo d'água natural de recarga subterrânea, com um perímetro aproximado de 1.150 m e área de 8 ha.



Figura 3: Vista parcial da lagoa menor, verificando-se na área de entorno a presença de lavoura e pastagem, na microbacia hidrográfica do Córrego da Onça. Ilha Solteira, 2008

A segunda lagoa, originada por represamento e de maior dimensão, conforme figura 4, apresenta, aproximadamente, um perímetro de 4.500 m e área de 127 ha.



Figura 4: Vista parcial da lagoa maior na microbacia hidrográfica do Córrego da Onça verificando-se na área de entorno a presença de lavoura e pastagem. Ilha Solteira, 2008

Estas lagoas estão unidas por um riacho, de calha pequena, com extensão aproximada de 650 m, conforme figura 5.



Figura 5: Riacho que promove a junção entre as duas lagoas avaliadas no presente estudo na microbacia hidrográfica do Córrego da Onça. Ilha Solteira, 2008

No local a diversidade de espécies de fauna e flora, terrestre e aquática, permitiu um ecossistema de elevada interação e complexidade. A lagoa maior dá origem ao Córrego da Onça, conforme figura 6, que sugere o nome à microbacia hidrográfica, e desemboca no Rio Paraná, à jusante do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, pertencendo, portanto, a grande bacia hidrográfica do Rio Paraná.



Figura 6: Exutório da lagoa maior, dando início ao Córrego da Onça. À direita, presença de mata nativa. Ilha Solteira, 2008

Na microbacia hidrográfica Córrego da Onça verifica-se a presença de grandes áreas destinadas às pastagens, cana-de-açúcar e milho, com fragmentos de vegetação natural e terras expostas ou tombadas para posterior cultivo. A vegetação natural na região é caracterizada por fragmentos da mata tropical latifoliada semidecídua e, em alguns locais, por campos de altitude, encaves de cerrado, zona de tensão ecológica e contatos, como pode ser visto na figura 7. A cobertura vegetal predominante é de campos antrópicos, as pastagens. A principal gramínea implantada é a *Brachiaria brizantha*. (FREITAS LIMA, 2003).



Figura 7: Trecho de mata ciliar no Córrego da Onça, com predominância de área de pastagem e lavoura. Ilha Solteira, 2008

O clima da região é quente e úmido do tipo Aw, segundo a classificação de Koppen (CARDOSO, 1980). De acordo com os dados da estação meteorológica da área de irrigação e drenagem do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos do Curso de Agronomia, UNESP - Ilha Solteira, a temperatura média anual é de 24,1 °C e a umidade relativa do ar média anual de 70,8 %. A precipitação pluviométrica anual varia entre 1100 mm e 1300 mm, com uma estação seca definida entre os meses de maio e setembro/outubro (HESPANHOL, 1996).

O município de Ilha Solteira-SP é banhado pelo rio Paraná, a oeste; pelo rio Tietê, ao Sul; e pelo rio São José dos Dourados, ao centro, sendo que os dois últimos desembocam no rio Paraná, à jusante e à montante do reservatório, respectivamente. O rio São José dos Dourados atravessa o município e atualmente

está ligado ao rio Tietê por um canal que incorporou os 400 km do tramo norte à hidrovia Tietê-Paraná. O volume de água da bacia hidrográfica do rio Paraná é de 891.309 km², o que corresponde a 10,47% da área do território brasileiro. O regime das águas do rio Paraná depende das chuvas de verão, assim sendo, as cheias ocorrem de dezembro a março (ILHA SOLTEIRA, 2007).

3.2. Índices utilizados para a avaliação da qualidade de água

Os dados referentes aos índices de avaliação da qualidade de água foram apontados segundo a Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Defesa do Meio Ambiente - CETESB (2007).

Os parâmetros de qualidade, que fazem parte do cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de poluentes. É importante também salientar que estes índices foram desenvolvidos para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o consumo humano, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas.

Assim, a partir de 2002 a CETESB tem utilizado índices específicos para os principais usos dos recursos hídricos. São eles: o IQA - Índice de Qualidade das Águas; o IAP - Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público; o ISTO - Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas; o IVA - Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas; o IPMCA - Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática; e o IET - Índice do Estado Trófico.

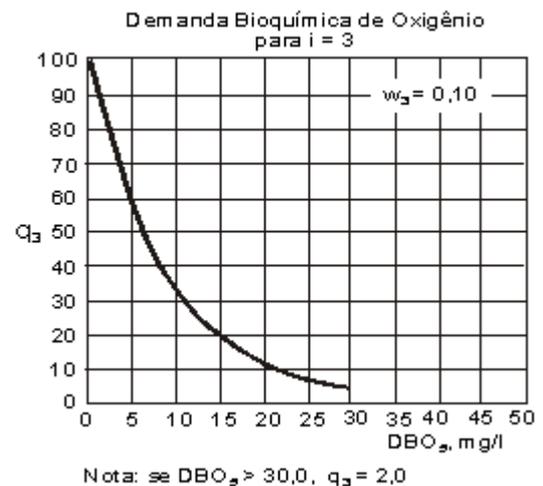
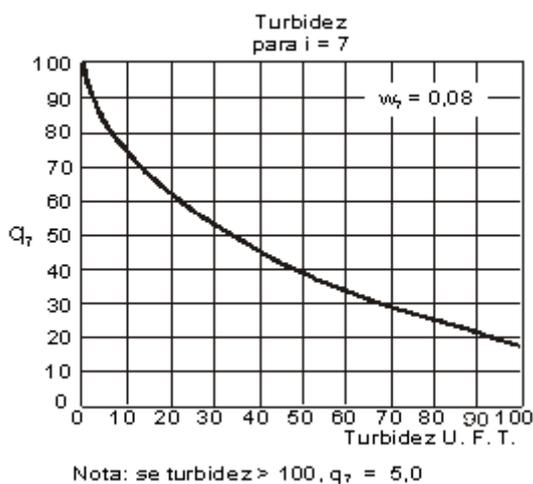
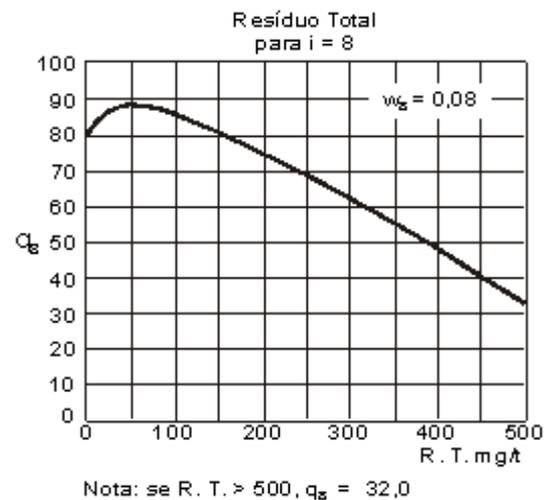
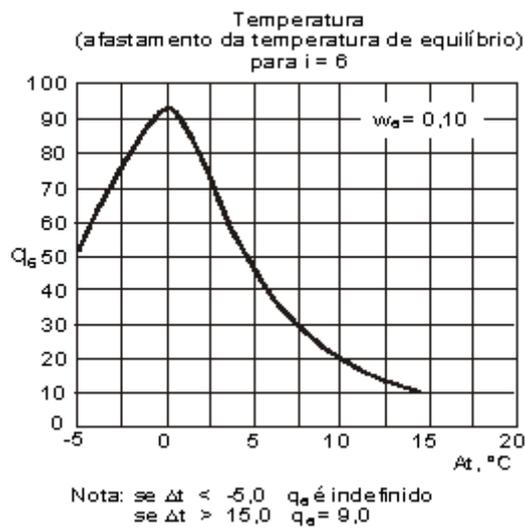
No presente trabalho devido a sua maior facilidade e custo, procurou-se utilizar o IQA como índice de avaliação da qualidade da água. O IQA é um índice fidedigno da qualidade de águas naturais a ser captada, a qual, após tratamento, será distribuída para a população.

A partir de um estudo realizado em 1970 pela National Sanitation Foundation - NSF, nos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade de Água - IQA, que incorpora 9 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas.

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 apresentam cada parâmetro, segundo uma

escala de valores. 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.

Adiante estão apresentadas as curvas de variação, conforme figura 8, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente (CETESB, 2007).



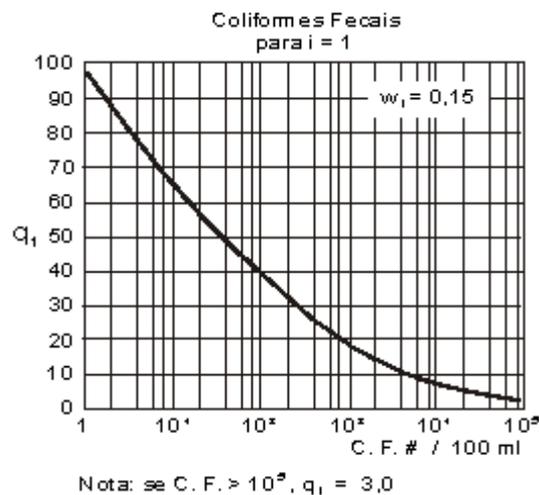
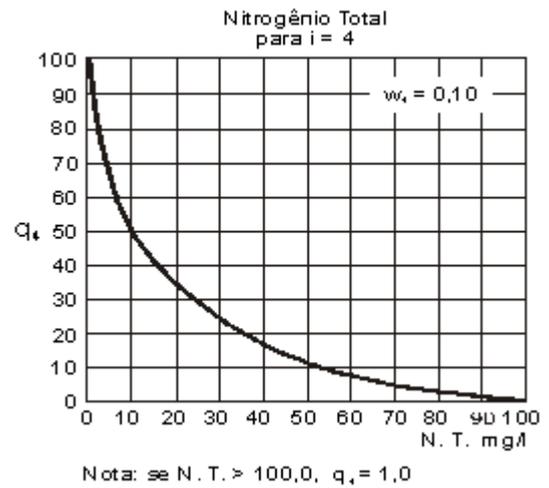
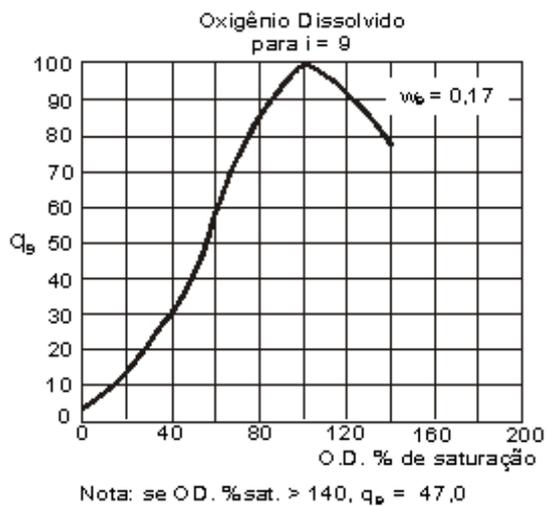
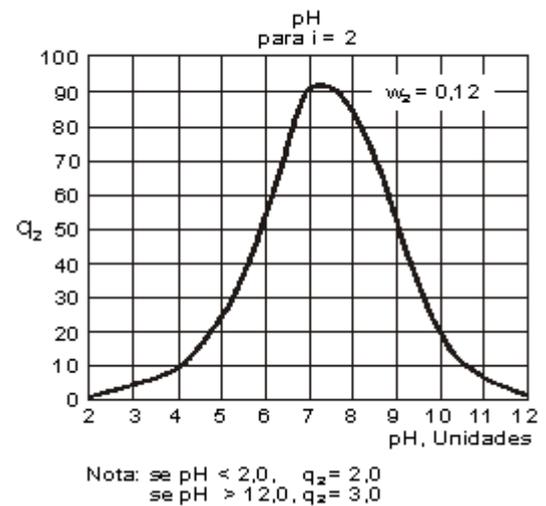
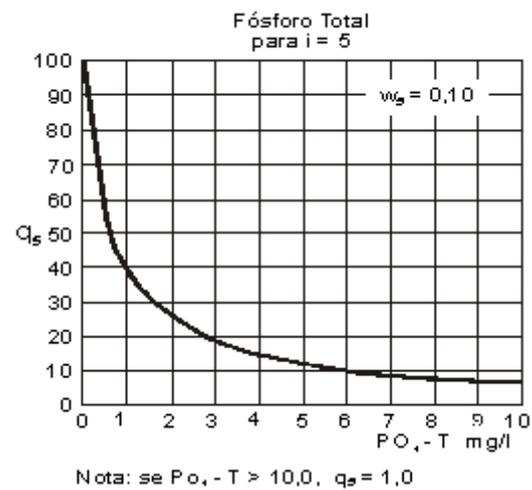


Figura 8: Curvas de variação e pesos relativos aos parâmetros do Índice de Qualidade de Água (IQA)

Para o cálculo do IQA foram considerados os parâmetros: temperatura da amostra (T), turbidez (TB), sólidos totais (ST), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT), coliformes fecais (CF).

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

Sendo:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número 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", 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 conformação global de qualidade, conforme apresentado no quadro 1, posterior a equação:

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

Sendo:

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

Quadro 1: Parâmetros e pesos relativos ao índice de qualidade de água

Parâmetros	Pesos relativos
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes fecais	0,15
Potencial hidrogeniônico	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio	0,10
Fósforo total	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08
TOTAL	1,00

O quadro 2 contém as variáveis avaliadas, os métodos adotados e os equipamentos utilizados nas análises, que foram baseadas em Métodos para as Análises de Águas Potáveis e Residuárias - *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA,1995) e pela metodologia de espectrofotometria da Hach. As análises laboratoriais da água coletada foram agrupadas como apresentado a

seguir: Parâmetros físicos: Turbidez (NTU) e Temperatura (°C); Parâmetros químicos: pH, Nitrogênio Total (mg/L), Fósforo Total (mg/L), Demanda Biológica de Oxigênio - DBO (mg/L), Oxigênio Dissolvido - OD (mg/L), Sólidos Totais (mg/L); Parâmetro biológico: Coliformes Fecais (NMP/100mL).

Quadro 2: Síntese dos métodos e equipamentos empregados para análises físico-químicas e microbiológica e limites de Detecção das variáveis analisadas nos pontos amostrados da Microbacia do Córrego da Onça

Variável	Método	Limite de Detecção	Equipamentos e Materiais
Turbidez (NTU)	Nefelométrico	0,01	Turbidímetro / Hach / 2100AN v1.2
Temperatura da água (°C)	Eletrométrico	0,1	pHmetro de membrana / Hanna / HI8314
pH	Eletrométrico	0,01	peagâmetro de membrana / Hanna / HI8314
Nitrogênio Total (mgN/L)	Digestão por Persulfato e Espectrofotométrico	0,1	1. COD Reactor/ Hach 2. Espectrofotômetro Odyssey/ Hach/DR-2500
Fósforo Total (mgP/L)	PhosVer 3, Digestão por Ácido Persulfato e Espectrofotométrico	0,01	1. COD Reactor/ Hach 2. Espectrofotômetro Odyssey/ Hach/DR-2500
OD (mg/L)	Método de Winkler Modificado	0,1	Titulador
DBO	Método das Diluições, Incubado a 20°C, 5 dias	0,1	Titulador
Sólidos Totais (mg/L)	Gravimétrico	1,0	1. Cápsula de Porcelana 2. Disco de microfibras de vidro / Sartorius 3. Balança eletrônica de precisão de 0,1 µg/Bel Mark / U210A 3. Estufa / Marconi / MA033 / temp.120°C 4. Dissecador / Pyrex / 200mm
Coliformes Fecais (NMP/100mL)	Contagem de <i>Escherichia Coli</i>	1,0	1. Placas Petrifilm/3M 2. Estufa de cultura / Fanem / A-LT 502

Os principais equipamentos citados no quadro 3, podem ser observados nas figuras 9, 10, 11, 12, 13 e 14, mostrados a seguir.



Figura 9: Peagâmetro de membrana



Figura 10: Balança de precisão

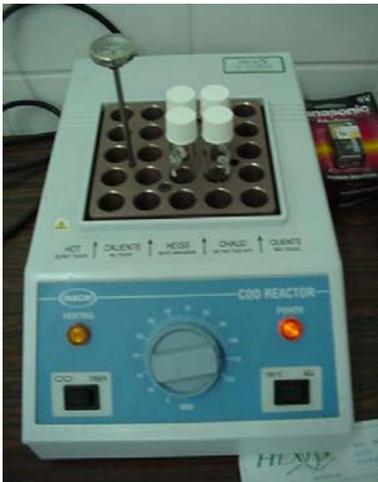


Figura 11: COD Reactor



Figura 12 Estufa de cultura



Figura 13: Espectrofotômetro



Figura 14: Turbidímetro

3.3. Pontos de Amostragens

As coletas foram feitas mensalmente, no período de janeiro a agosto, em 2008, sendo as amostras coletadas em cinco locais previamente estabelecidos, conforme apresentado na figura 15.

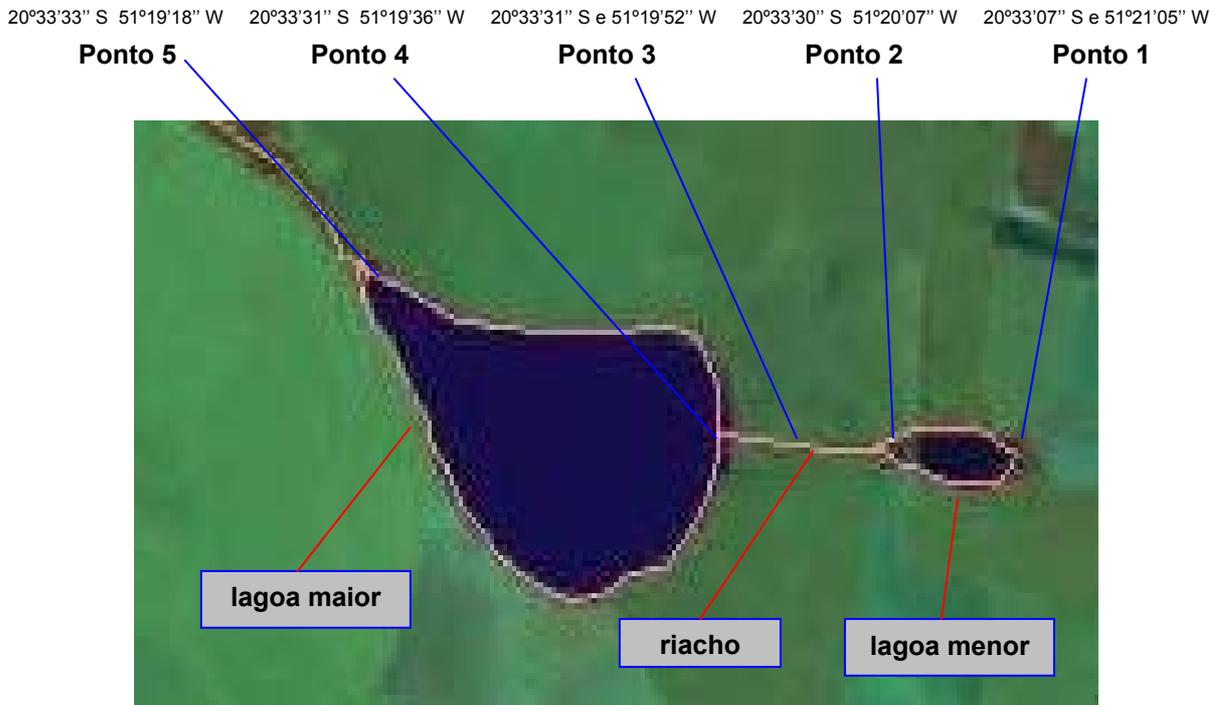


Figura 15: Representação esquemática dos pontos de amostragens na microbacia hidrográfica do Córrego da Onça em Ilha Solteira- SP, 2008

As amostras foram preservadas de acordo com o Guia Técnico de Coleta de Amostras, preconizado pela CETESB para a realização dos ensaios em laboratório. As análises descritivas procuraram observar as variações de cada parâmetro, sendo ainda avaliados os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para um corpo d'água de Classe 2, utilizando-se para isto, os parâmetros e pesos relativos ao índice de qualidade de água (IQA).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

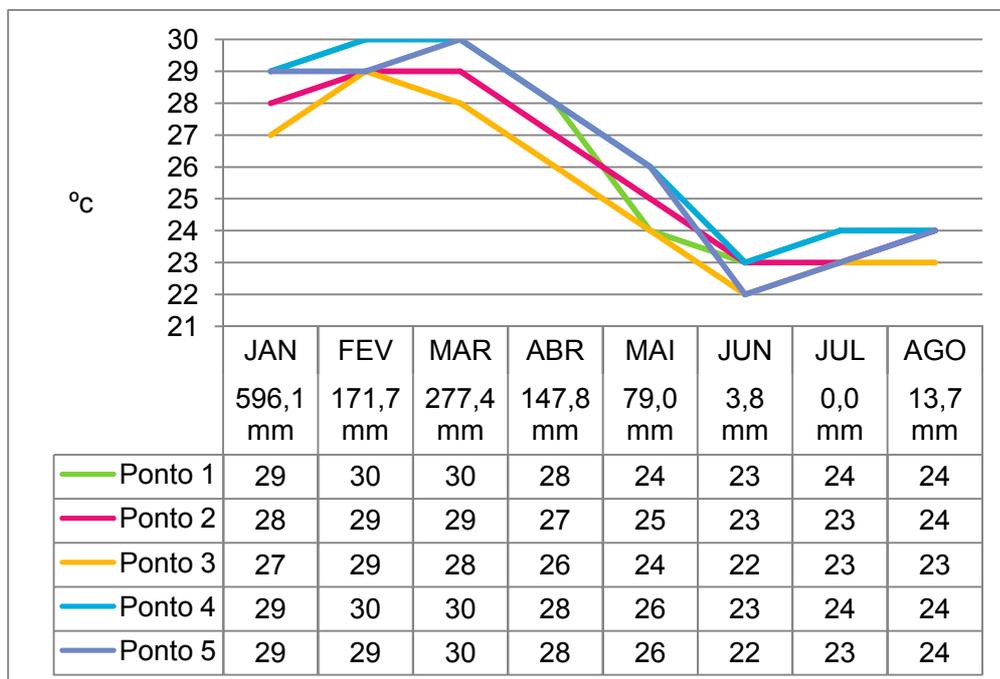
4.1. Resultados obtidos das variáveis analisadas

4.1.1. Temperatura

A alteração da temperatura na água deu-se por fatores naturais, apresentadas de acordo com a variação climática. Não houve variação significativa ao longo dos pontos de amostragens. Observa-se que no ponto 3 as temperaturas foram um pouco menores quando comparadas as dos demais pontos, por tratar-se de um riacho e, apresentar maior velocidade de escoamento da água.

Os valores mais elevados de temperatura da água ocorreram no período de verão com declínio gradativo ao longo do outono, e temperaturas menores, no inverno. Os valores entre os pontos de coletas não ultrapassaram uma diferença superior a 2 °C, como pode ser observado no quadro 3.

Quadro 3 : Distribuição dos resultados obtidos de temperatura (°C) e dados pluviométricos mensais (mm/mês)



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. A curva média de variação do parâmetro temperatura

assinala que a posição mais favorável à obtenção de maior valor de qualidade do parâmetro seria aquela com diferença zero de temperatura. À medida que os valores da diferença de temperatura tendem a aumentar entre os pontos pesquisados, o valor do IQA diminui, sendo que, uma diferença de cinco graus positivos, projeta um valor de aproximadamente 50% menor na qualidade.

4.1.2. Turbidez

A variável turbidez apresentou na lagoa maior os mais altos valores. Este comportamento deve-se, provavelmente, às diferenças geomorfológicas e hidrológicas da área. Considerando-se a declividade média, a lagoa maior apresenta maiores extensões de solos rasos, localizados em terrenos de grande inclinação, concentrados desde as partes mais altas até as porções inferiores das vertentes.

Como resultado apresenta também maior tendência de escoamento em relação à lagoa menor quanto ao transporte de sedimentos e matéria orgânica.

As diferenças de valores na turbidez entre as lagoas foram mais representativas no período de estiagem. Entre janeiro e março foram registrados os menores valores de turbidez nas lagoas enquanto que nos meses mais secos a turbidez apresentou maiores picos. Na ausência de chuvas há provavelmente maior concentração do material orgânico em suspensão produzido pela vegetação natural, o que aumenta a turbidez, comparado ao material mineral proveniente dos solos agrícolas durante o escoamento das águas da chuva. Além disso, a presença do gado contribui para a movimentação do sedimento no instante da dessedentação.

Os valores ficaram entre 2,6 UNT e 37,4 UNT durante a variação sazonal. Verificou-se, ainda, que o aumento dessa variável no ponto 5, exutório da lagoa maior, ocorreu em função ao longo da microbacia hidrográfica do incremento das cargas de sólidos trazidas naturalmente, e pelo deflúvio superficial. Constatando-se que os maiores valores de turbidez foram registrados tanto na época de seca como na de chuvas, podem-se associar esses resultados ao processo natural de erosão, ao uso inadequado do solo e a falta de uma vegetação ciliar suficientemente capaz de reter parte dessas cargas.

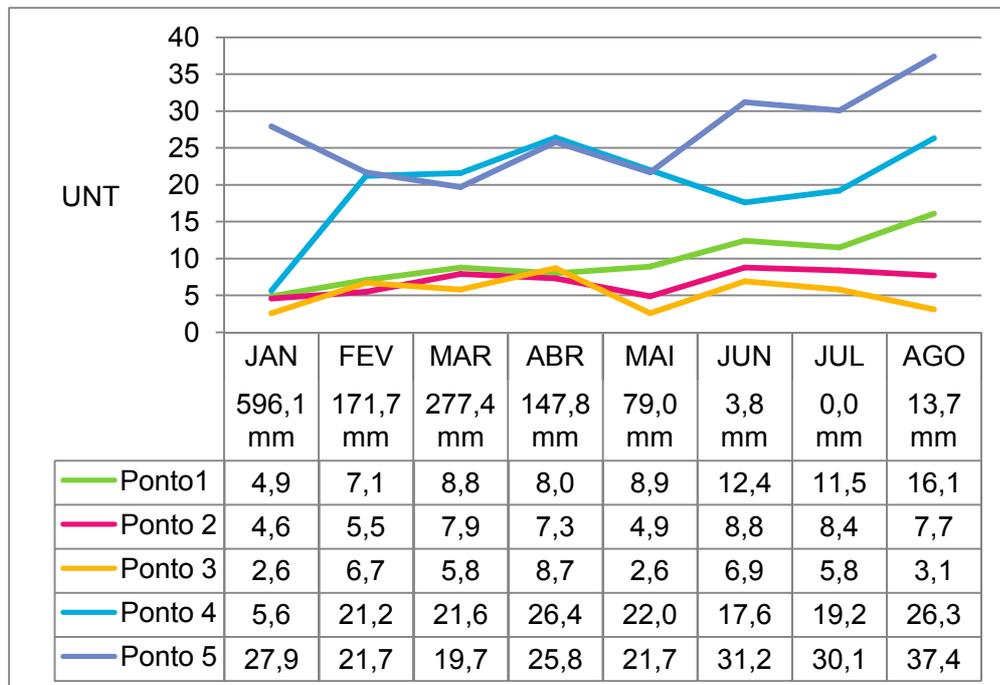
A exploração desordenada dos recursos naturais, o uso inadequado dos solos, o desmatamento irracional e o uso indiscriminado de fertilizante, corretivo e agrotóxico vêm provocando inúmeros problemas ambientais, principalmente em áreas de

nascentes e corpos d'água, alterando a qualidade e quantidade de água drenada pela microbacia hidrográfica (ANDRADE PINTO et al., 2004).

Esses fatores podem ser considerados como os principais causadores das alterações na qualidade física da água na microbacia.

A turbidez, no entanto, não foi elevada a ponto de conferir à água aparência turva. Os valores de turbidez verificados nas amostragens durante o período de baixa e alta pluviosidade não representou riscos à qualidade das águas. Os valores máximos correspondem a 8,7 no riacho, 16,1 na lagoa menor e, 37,4 na lagoa maior, conforme representado no quadro 4.

Quadro 4: Distribuição dos resultados obtidos de turbidez (UNT) e dados pluviométricos mensais (mm/mês)



Os padrões internacionais da água de consumo humano, da Organização Mundial da Saúde (OMS), recomendam um nível de turbidez de até 5 unidades (BATALHA; PARLATORE, 1977). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece que o limite de turbidez para um rio Classe II é de 100 NTU.

4.1.3. Sólidos totais

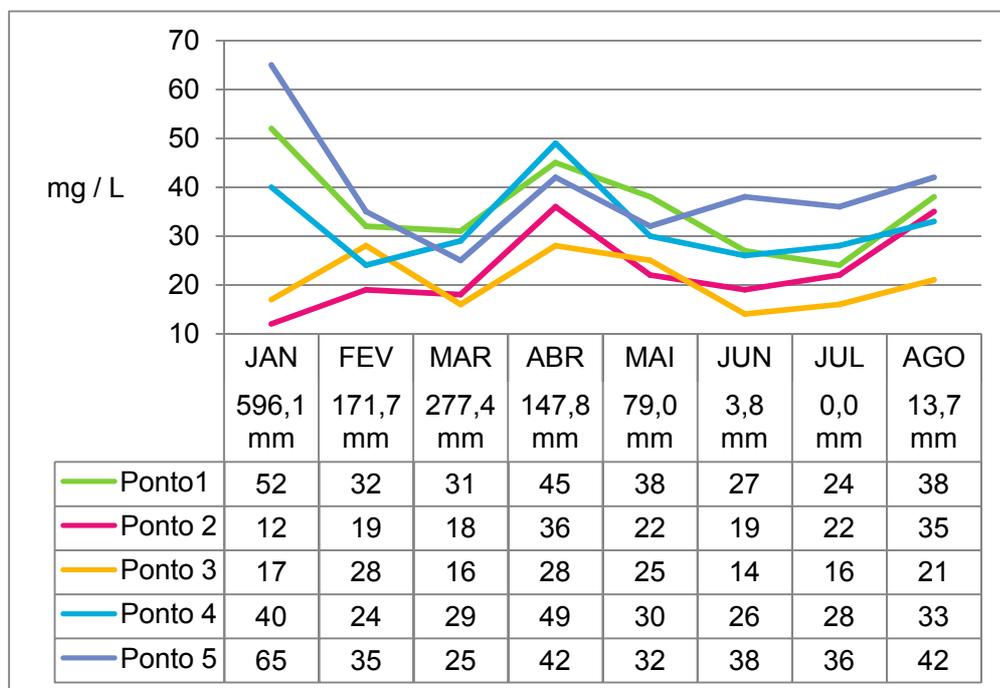
Em relação à qualidade de água de lagos e lagoas, os sólidos totais podem ser considerados como impactantes para a vida aquática. Sua sedimentação no fundo e em zona litorânea destrói os organismos que fornecem alimentos, além de reter

bactérias e resíduos orgânicos, promovendo decomposição anaeróbia. Valores mais expressivos de resíduos na água ocorreram nos pontos 1 e 5, recarga da lagoa menor, ponto 1 e no exutório da lagoa maior, ponto 5, respectivamente, no período de alto índice pluviométrico. Os sólidos em suspensão provêm do carreamento de solos pelas águas pluviais. A sua principal fonte é o aporte de partículas de solos provenientes da superfície da microbacia hidrográfica, em função de práticas agrícolas e processos erosivos naturais, entretanto, não houve em nenhum ponto aumento significativo de sólidos totais no período de chuvas conforme esperado.

Entretanto o riacho, ponto 3 nas amostragens, em média apresenta os menores valores, devido a presença de vegetação, evitando dessa maneira o aporte de sedimento ao longo de seu leito.

Períodos de estiagens geralmente apresentam valores baixos na quantidade de sólidos presentes na água, no entanto, por tratar-se de uma área de lavoura e pecuária, ocorreu possivelmente revolvimento das águas anteriormente às coletas, ampliando os valores, conforme demonstrado no quadro 5.

Quadro 5: Distribuição dos resultados obtidos de sólidos totais (mg/L) e dados pluviométricos mensais (mm/mês)



Segundo Zoccal (2007) constantes revolvimentos no solo, sem tecnologia adequada, resultam no maior problema da atividade agrícola que é a erosão hídrica, a qual

compromete os recursos naturais e põe em risco a produção econômica, pela degradação dos solos e assoreamento dos mananciais. Estes por sua vez, influenciam na qualidade e disponibilidade da água.

Baracuhy et al. (2007) acrescenta que a erosão hídrica dos solos constitui um dos mais importantes fatores de degradação ambiental. Os sedimentos decorrentes dessa erosão vão se depositar nas áreas baixas, tornando estéreis terrenos agrícolas ou assoreando rios e zonas inundadas.

Os valores de sólidos totais obtidos no presente trabalho estão em conformidade com os padrões estabelecidos de limite do CONAMA, que determina para o cálculo do IQA, níveis abaixo de 500 mg/L).

4.1.4. Oxigênio dissolvido

Do ponto de vista ecológico, o parâmetro oxigênio dissolvido é uma variável extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. Geralmente o oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis, como, por exemplo, o aporte de vinhaça, retirada da cana-de-açúcar. As maiores concentrações de oxigênio dissolvido ocorreram no inverno e em período de baixa pluviosidade. Curiosamente ao longo das amostragens as coletas feitas no riacho apresentaram baixos valores.

Valores de oxigênio dissolvido inferiores ao valor de saturação podem indicar a presença de matéria orgânica e valores superiores à existência de crescimento anormal de algas, uma vez que elas liberam oxigênio durante o processo de fotossíntese (BASSO, 2006).

Os valores mais altos ocorreram devido a baixa taxa de degradação de matéria orgânica presente nas águas e ao baixo consumo de oxigênio para oxidação da mesma. As maiores quantidades ocorreram no inverno e em período de baixa pluviosidade.

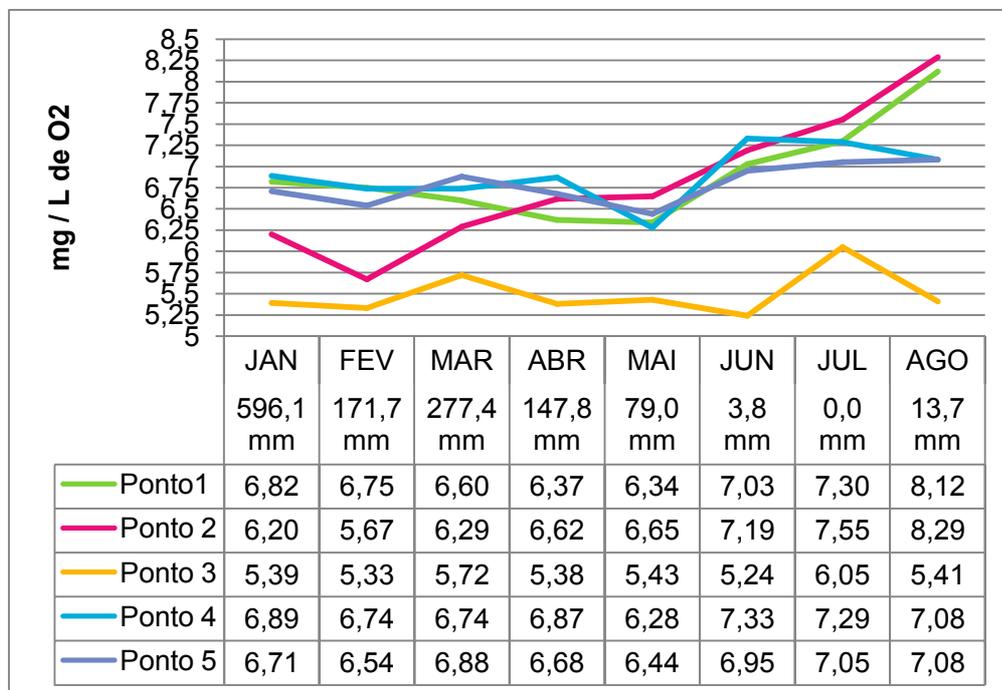
Para a estação seca, no inverno, houve um aumento dos níveis da concentração de oxigênio dissolvido devido a baixa temperatura da água.

As coletas no ponto 3 isto é no riacho, apresentaram valores menores em relação aos demais pontos. A velocidade da correnteza aumenta o contato da água com o ar e, conseqüentemente a dissolução do oxigênio para a atmosfera.

O oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbios. Esses organismos fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios durante a estabilização reduzindo a sua concentração no meio. É o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 1995).

Observa-se que, de modo geral, os valores ficaram em torno de 5,39 a 8,29 mg/L, conforme pode ser observado no quadro 6.

Quadro 6: Distribuição dos resultados de oxigênio dissolvido (mg/L de O₂) e dados pluviométricos mensais (mm/mês)



De acordo com o limite estabelecido pelo CONAMA, o ideal para a presença de OD nas águas de classe 2 corresponde a um valor igual ou maior que 5 mg/L de O₂.

4.1.5. Demanda bioquímica de oxigênio

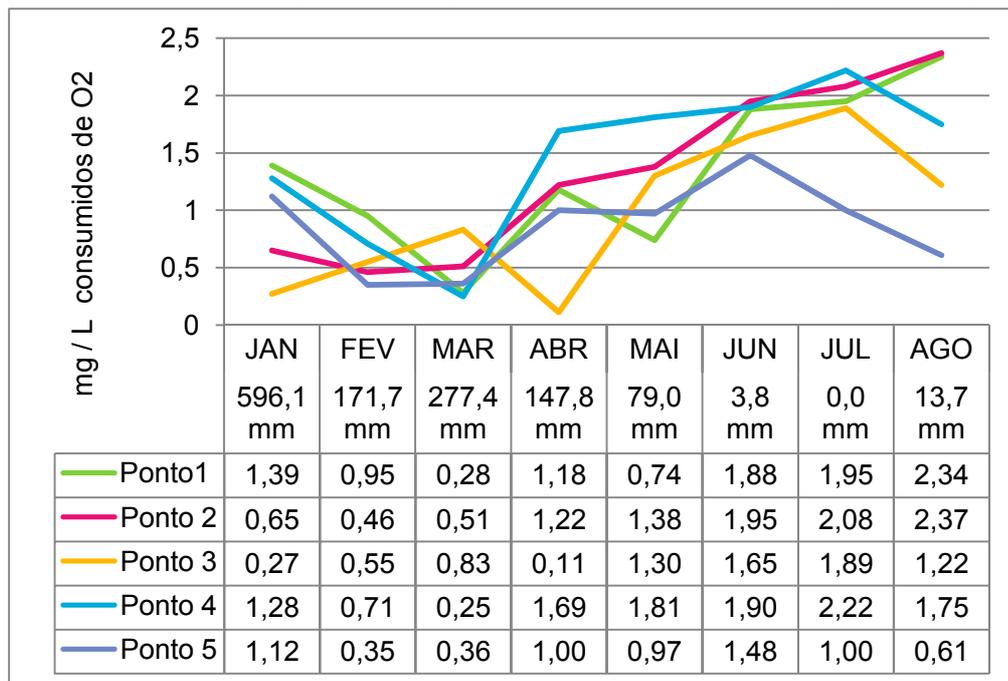
A demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}) é uma variável da qualidade de água que, de uma certa forma, quantifica a poluição orgânica pela depleção do oxigênio, que poderá conferir condição anaeróbica ao ecossistema aquático.

Os aumentos na DBO ocorrem principalmente devido a decomposição da vegetação que invadi o leito no período mais seco e das cargas orgânicas lançadas no solo agrícola (POLETO, 2003).

A $DBO_{5,20}$ variou em conformidade com o período, chuvoso ou seco. De modo geral, os valores situaram-se em torno de 0,25 mg/L de O_2 no ponto 4, no mês de março e 2,37 mg/L de O_2 no ponto 2, no mês de agosto.

Os menores valores ocorreram no riacho, ponto 3, que apresentou 0,27 a 1,89 mg/L de O_2 consumido. Os valores mais expressivos, acima de 2,00 mg/L sucederam-se nos pontos 1, 2 e 4, no período de estiagem, época em que ocorre menor aporte de água e, uma maior quantidade de matéria orgânica presente. No ponto 3, as amostragens apresentaram valores menores em relação aos demais pontos. Isto pode ser explicado pela grande movimentação da água neste ponto, conforme pode ser observado no quadro 7.

Quadro 7: Distribuição dos resultados obtidos de $DBO_{5,20}$ (mg/L consumido de O_2) e dados pluviométricos mensais (mm/mês)



De acordo com o limite estabelecido pelo CONAMA, o ideal é que o consumo máximo de oxigênio não ultrapasse 5 mg/L de O_2 nas águas de classe 2.

No cálculo do IQA, o parâmetro tem peso de 0,1 (10%) do total do índice e, também nesse caso, a curva média de variação demonstra que o qi ótimo para o cálculo (100) representa uma $DBO_{5,20}$ igual a zero. Valores em torno de 3 mg/L projetam um qi próximo de 80. No caso em estudo os pontos têm uma média de 1,25 mg/L, projetando valores de qi próximo de 91,66.

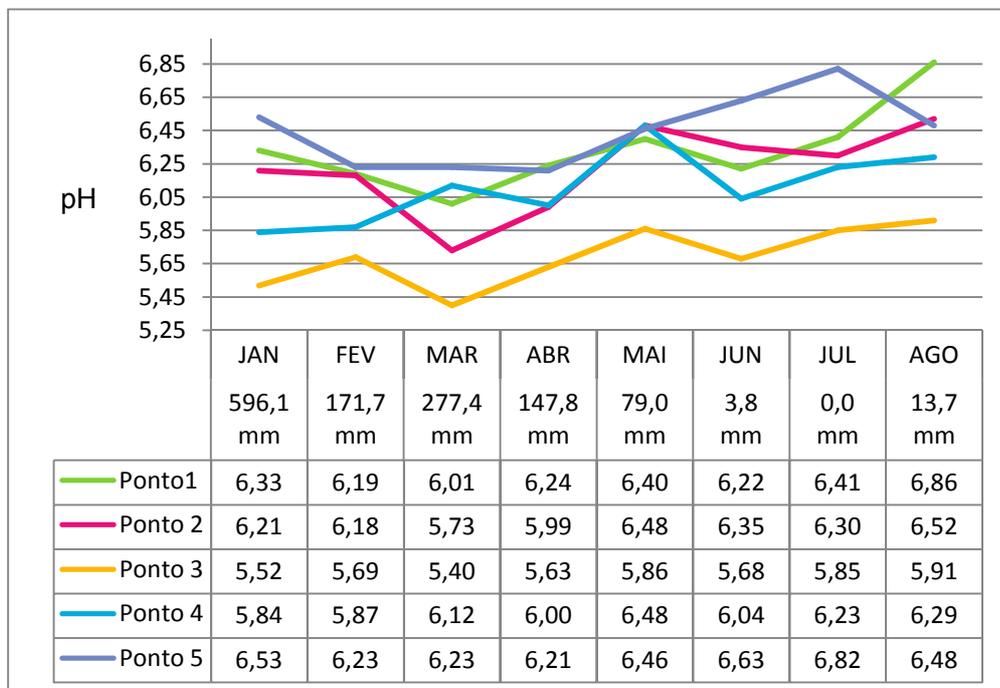
4.1.6. Potencial hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) representa uma indicação da condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade a partir da presença de sólidos e gases dissolvidos na água. Os ecossistemas aquáticos naturais são susceptíveis às influências da variação do pH, uma vez que, tal parâmetro pode regular o equilíbrio químico que ocorre naturalmente. Não houve registro de pH com valores menores que 5,0 ou maiores que 9,0 que poderiam causar o desaparecimento de espécies aquáticas.

Este parâmetro de qualidade de água pode ser usado como indicativo de degradação ambiental.

Os valores mais baixos de pH ocorreram no período de estiagem podendo ser causado pelo aporte de matéria orgânica, contribuindo para ligeira acidez nas águas das lagoas. Pode também, ter relação com a drenagem pluvial, intervenções no solo e vegetação e com cultivos agrícolas presentes. No riacho apresentaram-se os maiores valores comparativamente aos demais pontos analisados, como pode ser observado no quadro 8.

Quadro 8: Distribuição dos resultados obtidos de pH e dados pluviométricos mensais (mm/mês)



A confirmação de níveis de água ligeiramente ácida indica baixa população de algas, porque os vegetais ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água.

O ponto 3 apresentou maior acidez, com variação em torno de 5,40 a 5,91, possivelmente influenciada pelas características do solo e do tipo de vegetação.

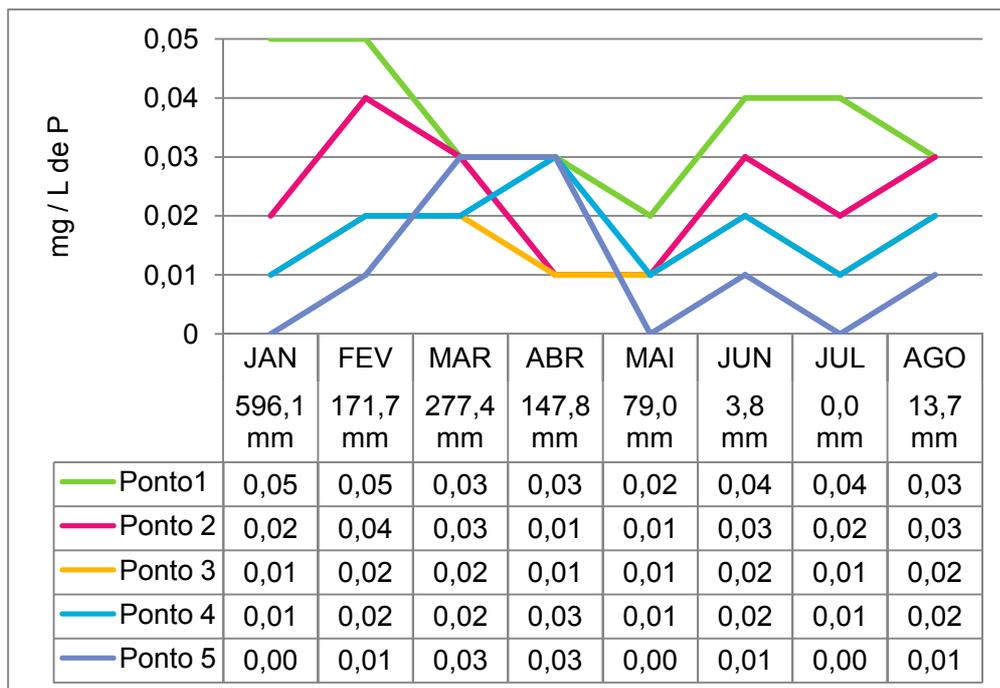
De modo geral a desuniformidade nos valores de pH, coincide com um aumento significativo nos índices de precipitação.

Para os padrões exigidos pela Resolução CONAMA 357/2005, as águas da microbacia Córrego da Onça estão enquadradas dentro dos limites para água doce classe 2, que é de menor ou igual a 7,5. Verifica-se que todos os pontos analisados estão em conformidade com os padrões estabelecidos.

4.1.7. Fósforo total

Analisando-se os valores do parâmetro fósforo total de cada ponto, nota-se que o ponto 5 apresenta teores mais baixos deste elemento em relação aos demais pontos, em quase todas as coletas, variando de 0,01 a 0,05 mg/L, conforme pode ser visto no quadro 9.

Quadro 9: Distribuição dos resultados obtidos de fósforo total (mg/L de P) e dados pluviométricos mensais (mm/mês)



Nos meses de janeiro e maio, o fósforo não foi sequer detectado. Os demais pontos apresentaram quantidades um pouco maiores de fósforo total, independentemente de ser período chuvoso ou de estiagem. Destaca-se que a maior concentração ocorreu no ponto 1, com 0,05 mg/L.

O aumento da concentração de fósforo no período de chuva é devido provavelmente ao escoamento de água no solo, e conseqüentemente, transporte de fósforo proveniente de toda a área rural da microbacia, que chega até os cursos d'água.

Entretanto, ainda assim as lagoas e o riacho apresentam teores de fósforo que podem ser considerados extremamente baixos de acordo com os dados registrados, sendo que em alguns casos o elemento não foi detectado. Para valores de 0,5 mg/L, o valor correspondente do qi na curva decresce para valores próximos de 60. Na tabela dos valores de fósforo total, a média do ponto 1, apresenta-se em torno de 0,03 mg/L, projetando valores de qi próximos de 95,6. Em relação à importância do parâmetro no cálculo do IQA, o mesmo representa dez por cento de peso no cálculo do índice, sendo que, sua condição ótima na curva média de variação (qi=100) corresponde a um teor de fósforo total igual a zero. O CONAMA fixa a quantidade de fósforo total em 0,025 mg/L.

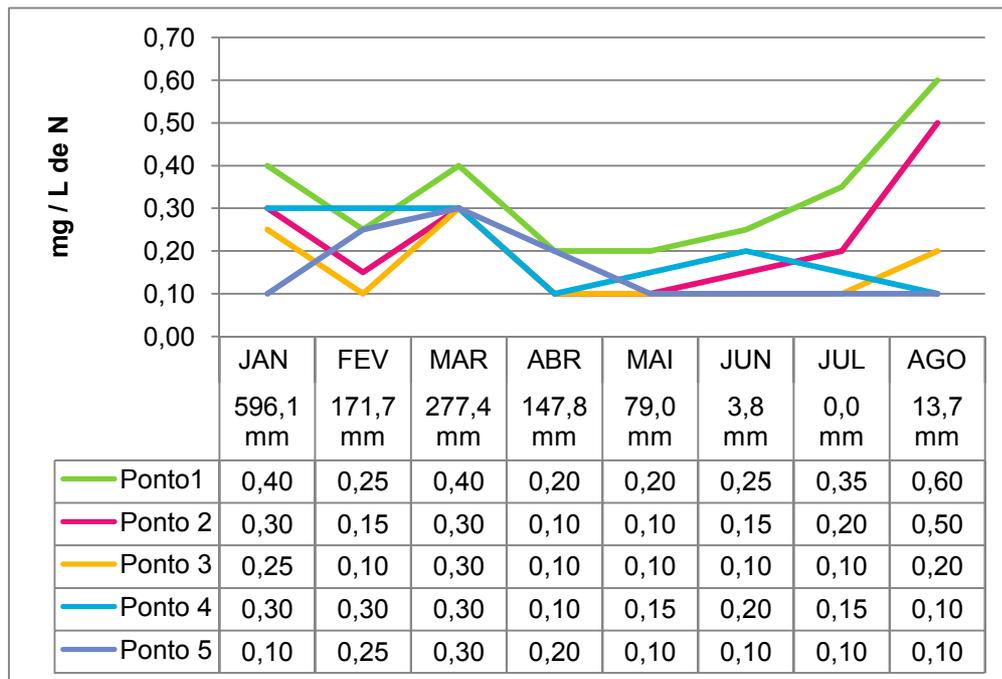
Nascimento (2000) citou que a agricultura tem sido a causa de concentrações elevadas de fósforo, principalmente no período chuvoso. Ao analisar o fósforo total, são verificadas todas as formas de fósforo presente na microbacia que, além de conter formas dissolvidas do íon, também apresenta formas particuladas não imediatamente disponíveis aos organismos. O ciclo do fósforo é um processo físico, químico e microbiológico (TUNDISI; STRASKRABA, 1999). As bactérias, por suas atividades metabólicas, também têm grande importância na dinâmica do ciclo do fósforo nas águas (OVERBECK, 2000)

4.1.8. Nitrogênio total

Os valores das concentrações de nitrogênio observados nas lagoas e riacho que as interligam variaram de 0,1, valor alcançado em diversos pontos a 0,6 no ponto 1. Os resultados encontrados muito provavelmente referem-se aos íons amônio, pelo fato de o corpo d'água estudada não apresentar condições de alto pH. O nitrogênio total pode ser um constituinte natural das águas superficiais, resultantes da atividade decompositora dos microorganismos. Altos níveis de nitrogênio, entretanto, são considerados como indicadores de poluição. A presença de oxigênio exerce

influência decisiva nas taxas das diferentes etapas do ciclo do nitrogênio. Grande parte da energia liberada pela oxidação é utilizada na fixação de gás carbônico (JORGENSEN; VOLLENWEIDER, 2000). Assim sendo, tanto nas imediações das lagoas como no riacho não ocorre a presença de agentes causais de poluição. Os resultados obtidos demonstraram de modo indireto, uma entrada muito baixa de nitrogênio total nos corpos d'água da microbacia hidrográfica, indicando, assim mínima possibilidade de eutrofização deste sistema aquático. Considerando-se os resultados obtidos, conforme indica o quadro 10, pode-se inferir que não há excesso de nitrogênio

Quadro 10: Distribuição dos resultados de nitrogênio total (mg/L de N) e dados pluviométricos mensais (mm/mês)



No que se refere à importância do parâmetro no cálculo do IQA, podemos observar que o valor ótimo ($qi=100$) corresponderia a uma concentração zero de nitrogênio total. Para um aumento de 10 mg/L de concentração, o qi tem seu valor projetado para 50. Entretanto, os cálculos das médias de nitrogênio total nos pontos de coleta 1, 2, 3, 4 e 5 apontaram para valores em torno de 0,20 mg/L com variações de 0,10 mg/L. Portanto, nos pontos acima citados, os valores do qi flutuaram em torno de 98,8. Vale destacar que dentre os parâmetros do IQA, o nitrogênio total tem peso 0,10 (10%).

4.1.9. Coliformes fecais

Em nenhum ponto de amostragens e período de coletas foi detectada a presença de coliformes, o que indica indiretamente a não existência de fontes de poluição por dejetos fecais ou assoreamento significativo que contribua com o aporte de solo contaminado para os corpos d'água. Embora tenha sido observada atividade pecuária no local, a contribuição para a presença de coliformes aos corpos d'água não foi significativa.

Segundo a Resolução CONAMA 357/05 não deverá ser excedido um limite de 1000 coliformes fecais por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês. No caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

4.2. Avaliação do Índice de Qualidade de Água (IQA)

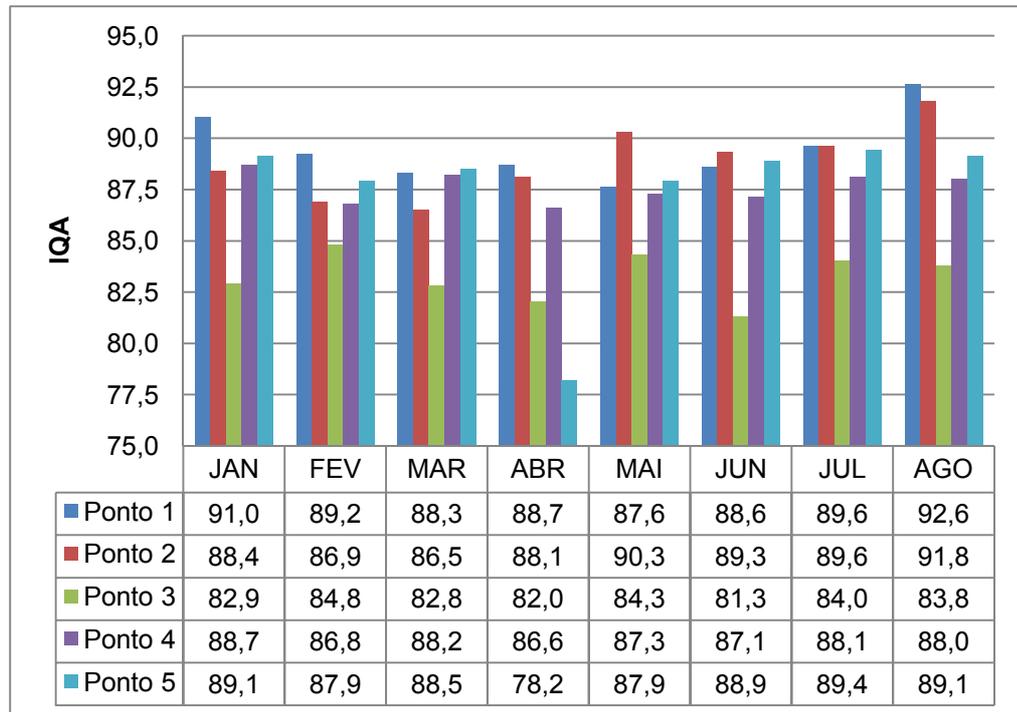
Os critérios de avaliação e valoração dos parâmetros preconizados pela CETESB esta representada na ponderação para o Índice de Qualidade de águas (IQA), disposto no quadro 11 a seguir.

Quadro 11: Valoração do Índice de qualidade das águas

Categoria	Ponderação
Ótima	79 < IQA < 100
Boa	51 < IQA < 79
Aceitável	36 < IQA < 51
Ruim	19 < IQA < 36
Péssima	IQA ≤ 19

Considerando-se os dados obtidos nas análises elaborou-se o gráfico mostrado no quadro 12 onde estão representados os valores de IQA nos respectivos pontos de coletas e período.

Quadro 12: Representação gráfica dos resultados de IQA nos pontos de amostragens no período de coletas

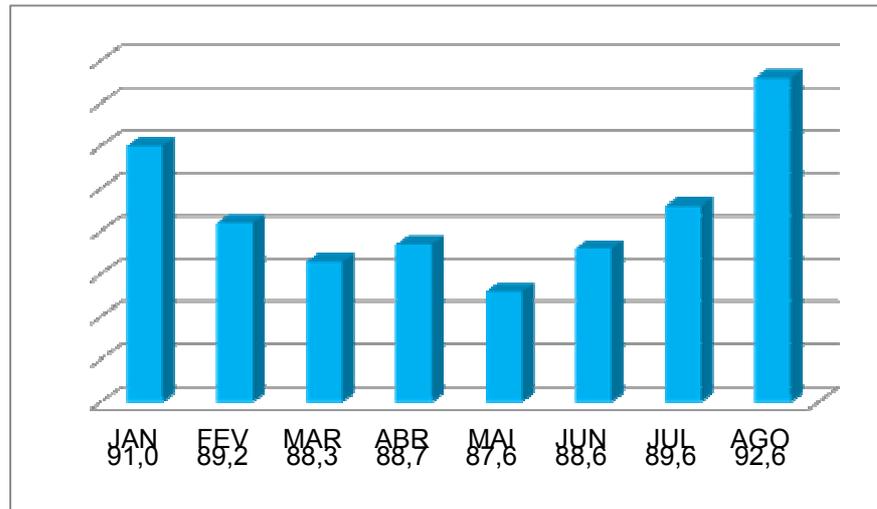


Para simplificar a interpretação dos valores relativos do IQA, os dados foram elencados isoladamente em cada ponto de coleta para melhor avaliação das condições do corpo d'água estudado.

4.2.1. Valores do IQA no ponto 1 (início da lagoa menor)

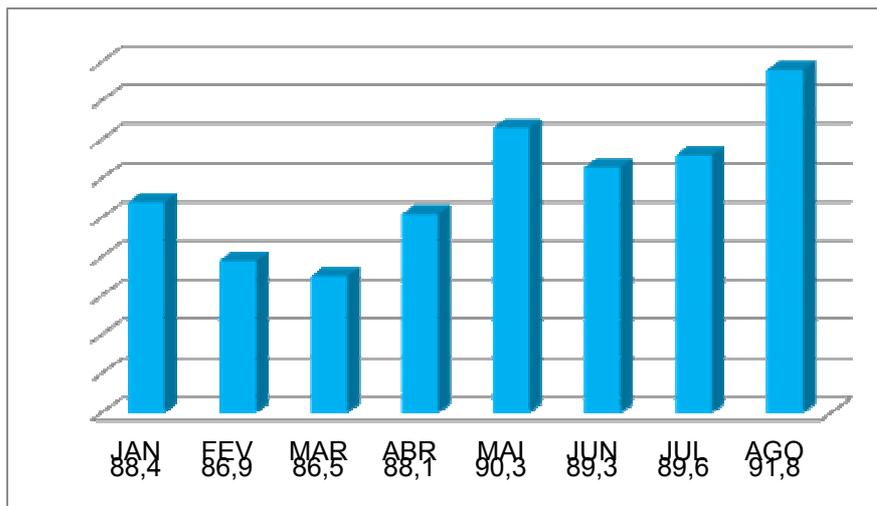
Os valores do IQA para o ponto 1 oscilaram sazonalmente, porém não houve alteração na qualidade da água independentemente do período de menor ou maior índices pluviométricos.

Todas as coletas realizadas no ponto 1 indicaram que a qualidade da água pode ser considerada ótima, podendo ser utilizada para abastecimento público depois de realizado tratamento adequado, e também para a manutenção da bióta aquática e produção de alimentos. O quadro 13 ilustra os valores obtidos através do IQA para o ponto 1.

Quadro 13: Valores de IQA calculados para o ponto 1

4.2.2. Valores do IQA no ponto 2 (exutório da lagoa menor)

No quadro 14 observa-se os valores de IQA calculados para o ponto 2. Os valores obtidos apontaram menores índices em relação ao ponto 1, exceto no mês de maio onde houve ligeiro acréscimo. A valoração do IQA no exutório da lagoa menor indicou qualidade ótima da água em todos locais de coleta, igualmente ao ponto 1, início da recarga da lagoa.

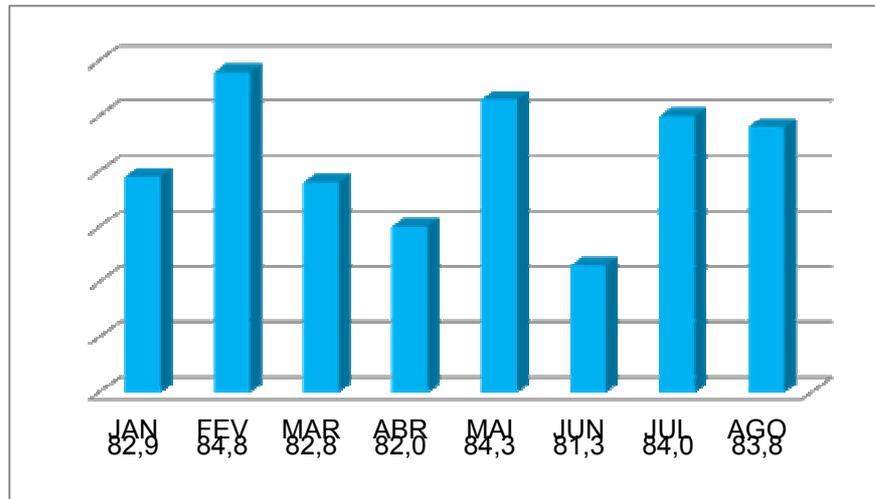
Quadro 14: Valores de IQA calculados para o ponto 2

4.2.3. Valores do IQA no ponto 3 (trecho médio do riacho)

Observando-se o quadro 15 pode-se notar que houve picos nos índices independentemente do período de chuvas ou estiagem, porém os valores

apresentaram limite maior e menor muito estreito. Os valores para a qualidade da água nesse ponto de coleta apresentam qualidade ótima, igualmente a dos pontos anteriores, pontos 1 e 2, situados na lagoa menor.

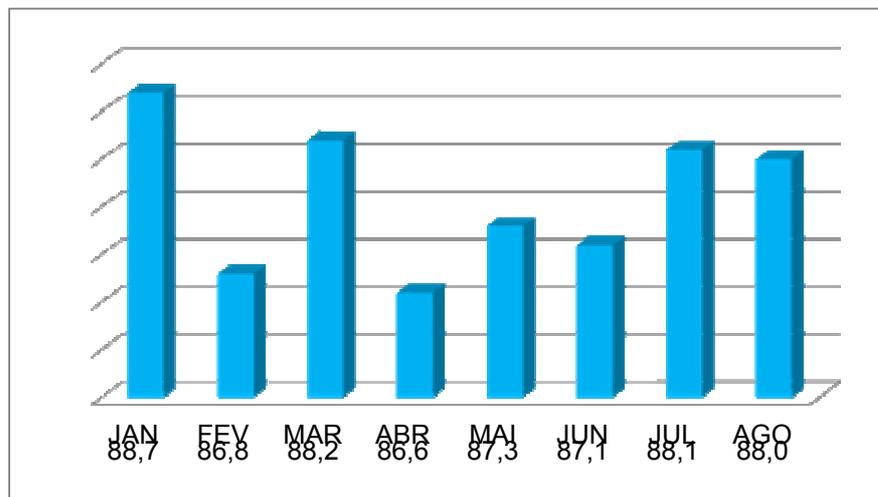
Quadro 15: Valores de IQA calculados para o ponto 3



4.2.4. Valores do IQA no ponto 4 (entrada da lagoa maior)

O quadro 16 mostra os valores de IQA calculados para o ponto 4, os quais oscilaram sazonalmente conforme o período de coleta. Entretanto apresentaram a qualidade da água ótima, de acordo com os resultados obtidos. O ponto 4, entrada da lagoa maior, receptor de água do riacho, apresentou os valores mais baixos dos demais pontos de coletas e nas diversas fases de coleta.

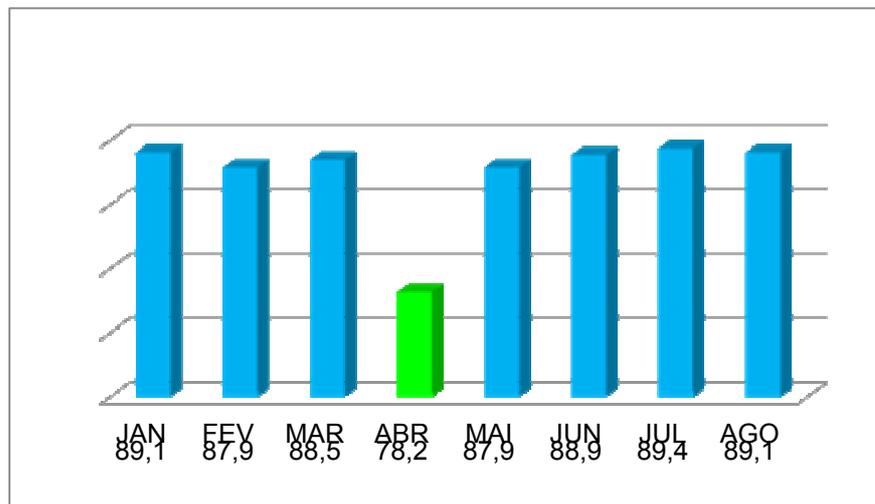
Quadro 16: Valores de IQA calculados para o ponto 4



4.2.5. Valores do IQA no ponto 5 (exutório da lagoa maior)

O quadro 17 mostra os valores de IQA para o ponto 5. Pode-se observar que houve uma ligeira alteração na qualidade da água no mês de abril, apresentando a qualidade com valoração ponderada de água boa, diferenciando dos demais meses de coletas, independente do período sazonal. As demais coletas mantiveram-se com valores próximos, com baixa variação, e enquadrando-se na qualidade de água ótima para consumo humano, para a manutenção da bióta aquática e produção de alimentos.

Quadro 17: Valores de IQA calculados para o ponto 5



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento da qualidade da água é um importante instrumento da gestão ambiental, que consiste, basicamente, no acompanhamento sistemático do aspecto qualitativo da água. Neste sentido, trata-se de um dos fatores determinantes no processo de avaliação, uma vez que propicia uma percepção da realidade ambiental.

A aplicação do índice de qualidade de água mostrou que as águas das lagoas e do riacho que as unem, enquadra-se em classes de IQA caracterizadas como boa e ótima. As pequenas variações observadas nos resultados podem ser creditadas a diferenças sazonais nas características pluviométricas nos períodos de amostragens ou serem devidas às variações no aporte de contaminantes para dentro dos corpos de água amostrados. Esses constituintes podem ter sua origem natural ou antrópica. Com relação a essa última hipótese, sejam diretamente na área estudada ou à sua montante, as propriedades agropecuárias têm o potencial de adicionar constituintes no meio hídrico, os quais podem influenciar as características de qualidade das águas.

Apesar de ter se constatado que em nenhum dos pontos houve redução da qualidade da água em função das atividades antrópicas, agricultura e pecuária, observou-se no local a inexistência de cuidados com práticas de conservação do solo bem como ausência das matas ciliares ao redor do riacho e das lagoas, o que pode contribuir em longo prazo para o assoreamento desta microbacia e sua completa degradação.

A degradação ambiental causada pelas atividades antrópicas na microbacia hidrográfica Córrego da Onça pode ser minorada ou corrigida por meio da conscientização e da disseminação de técnicas para a implementação de ações específicas, como, a restauração de matas ciliares e controle dos processos erosivos, entre outras, o que poderia contribuir de forma significativa para o equilíbrio do ambiente aquático local.

6. REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL. **Recursos hídricos**. São Paulo: [s.n.], 2002. Disponível em: < <http://www.ambientebrasil.org.br> >. Acesso em: 10 mai. 2005.

ANDRADE PINTO, L.V.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, M.G. **Scientia Forestalis**, Belo Horizonte, v.1, n.65, p.197-206, 2004.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19.ed. Washington: American Public Health Association. American Water Works Association. Water Pollution Control Federation, 1995. 1 CD-ROM.

BARACUHY, JG.V. et. al. **Técnicas agrícolas para contenção de solo e água**. Campina Grande: FUNASA, 2007. 43p. DVD.

BASSO, E.R.; CARVALHO, S.L. Avaliação da qualidade da água em duas represas e uma lagoa no município de Ilha Solteira. **Holos Environment**, Campinas. v.7, n.1, p.16-29, 2007.

BATALHA, B.L.; PARLATORE, A.C. **Controle da qualidade da água para o consumo humano**: bases conceituais e operacionais. São Paulo: CETESB, 1977.198p.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 2.ed. São Paulo: CETESB, 1983.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 01**, de 23 de janeiro de 1986. Brasília, 1986. Disponível em: < www.mma.gov.br >. Acesso em: 25 set. 2008.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 274**, de 29 de novembro de 2000. Brasília, 2000.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

CAIADO, M.A.C., et al. Desenvolvimento regional e qualidade das águas da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABRH, 1999.

CARDOSO, J.D. **Bacia de acumulação de Ilha Solteira**: estudos agroeconômicos visando a fixação de preços básicos para fins de desapropriação. São Paulo: CESP, 1980. p 232

CARMOUZE, J.P. **O Metabolismo dos ecossistemas aquáticos**: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises. São Paulo: Edgard Blucher, 1994. 253p.

COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE-CETESB. **Qualidade de águas interiores**. São Paulo: [s.n.], 2002. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em: 20 Jul. 2007.

COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE-CETESB. **Relatório da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2002. 277p

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Meio Ambiente. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Matéria do informativo meio ambiente e agricultura**, Brasília, v.9, n.35, 2008. Disponível em: < <http://www.cnpma.embrapa.br> > Acesso em: 12 mar. 2008

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

FREITAS LIMA, E.A.C. **Análise ambiental no Município de Ilha Solteira-SP: riscos ambientais associados com os usos atuais da terra**. Ilha Solteira: UNESP/FE 2003. 22p. (Relatório FUNDUNESP Processo 00002/02-DFP).

HESPANHOL, A.N. **Dinâmica agro-industrial, intervenção estatal e a questão do desenvolvimento da região de Andradina - SP**. 1996. 273f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996

ILHA Solteira: Prefeitura Municipal de Ilha Solteira. Ilha Solteira: [s.n.]. Disponível em < <http://www.ilhasolteira.sp.gov.br> > Acesso em: 04 jul. 2007.

JORGENSEN, S.E.; VOLLNWEIDER, R.A. Técnicas para resoluções de problemas. In: TUNDISI, J.G. (Ed.). **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, 2000. v.1, p.87-122.

LIMA, E.B.N.R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá**. 2001. 184f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

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

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 3.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003, p.120-158.

NASCIMENTO, V.M.C. **Estudo de carga de nutrientes e da comunidade bentônica do córrego da Barrinha**. 2000. 162 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. p.118.

ODUM, H.T. et al. **Sistemas ambientais e políticas públicas**. Campinas: UNICAMP, 2002. p.525.

OVERBECK, J. Conceitos de ecossistemas. In: JORGENSEN, S.E.; VOLLNWEIDER, R.A. **Princípios para o gerenciamento de lagoas**. 2.ed. São Carlos: ILECUNEP, 2000. v.1, p. 9-26.

PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. (Org.) Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. In: MENDONÇA, A. S. F.; PÓVOA, R. L. **Monitoramento da qualidade de água da grande vitória**. 2.ed. Porto Alegre: Evangraf, 2003. cap. 15, p. 429-452.

PINTO-COELHO, R.M. **Fundamentos de ecologia**. Porto Alegre: ARTMED, 2000. 252 p.

PITTER, P. Inorganic substances in the water. In: TOLGYESSY, J. (Ed.). **Chemistry and biology of water air and soil: environmental aspects**. Washington: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1993. p.66-105.

POLETO, C; CARVALHO, S.L. Problemas de degradação ambiental em uma microbacia hidrográfica situada no município de Ilha Solteira - S.P., Brasil e sua percepção pelos proprietários rurais. **Holos Environment**, São Paulo. v.4 n.1, p.68-80, 2004.

SETTI, A.A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2.ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2000. 207 p.

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

SEWELL, G.H. **Administração e controle da qualidade ambiental**. São Paulo: EPU, 1978. p. 185

SUGIMOTO, S.; NAKAMURA, F.; ITO, A. Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian forest in the toikanbetsu river basin, Northern Japan. **Journal of forest research**, [s.n.], v.2, n.2, p.103-107, 1997.

SWIFT JR, L.W.; MESSER, J.B. Forest cuttings raise temperatures of small streams in the southern Appalachians. **Journal of soil and water conservation**, [s.n.], v.26, n.3, p.111-117, 1971.

TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (Ed.). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences, 1999. 585 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996. p 243

ZOCCAL, J.C. **Cadernos de estudos em conservação do solo e água**. Presidente Prudente: CODASP, 2007. v.1, p.250.