

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE QUÍMICA
CURSO DE BACHARELADO E LICENCIATURA EM QUÍMICA**

EVERTON PIZATO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LIGEIRO POR
MEIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2011

EVERTON PIZATO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LIGEIRO POR MEIO
DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à Comissão de Diplomação do Curso de Bacharelado em Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Química.

Orientador: Raquel Dalla Costa da Rocha

TERMO DE APROVAÇÃO

O trabalho de diplomação intitulado Avaliação da Qualidade da Água do Rio Ligeiro por Meio de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas foi considerado XXXX de acordo com a ata da banca examinadora nº 011B2 de 2011.

Fizeram parte da banca os professores

Simone Beux

Marcio Barreto Rodrigues

Raquel Dalla Costa da Rocha

AGRADECIMENTOS

Expresso meus agradecimentos as pessoas que colaboraram com a realização deste estudo, sem as quais, isto jamais seria possível:

À minha mãe, meu pai e minhas irmãs, pelo carinho e apoio durante mais essa etapa de minha vida.

À minha namorada Magalí, pelo amor, pelo estímulo, e apoio incondicional em todos os momentos.

Ao meu irmão Wellynton, pelo companheirismo e auxílio durante a coleta de amostras e, principalmente, na elaboração das figuras utilizadas neste estudo.

Ao meu primo Douglas Borges, pelo auxílio nos trabalhos de campo.

À minha professora orientadora Dra. Raquel Dalla Costa da Rocha, pela contribuição durante as etapas do desenvolvimento deste trabalho.

Ao laboratório LAQUA nas pessoas de Roberta Roncatti e Simone Beux.

A todos os amigos que fiz ao longo dos anos nesta instituição, e que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

RESUMO

PIZATO, Everton. Avaliação da qualidade da água do rio Ligeiro por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. 2011. 58f. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

Este estudo teve como objetivo avaliar o nível de qualidade das águas do rio Ligeiro, localizado no município de Pato Branco, no sudoeste do estado do Paraná. Para isto, foram analisados, parâmetros físico-químicos e microbiológicos, confrontando os valores obtidos com os padrões legais e a classificação do respectivo rio segundo a Resolução do Conama nº 357/05. Em seguida, a avaliação do conjunto de dados foi feita utilizando como indicador geral da qualidade da água, o Índice de Qualidade da Água (IQA) da Cetesb. As variáveis monitoradas foram: DBO, DQO, Cloretos, Nitrogênio Total, pH, oxigênio dissolvido, temperatura da amostra e temperatura ambiente, turbidez, sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, coliformes termotolerantes e coliformes totais. Com exceção dos parâmetros OD e coliformes termotolerantes, os demais resultados físico-químicos obtidos neste trabalho encontraram-se dentro do enquadramento exigido para este manancial segundo a Resolução do Conama 357/05. A análise individual dos valores de OD e coliformes termotolerantes, extrapolaram o valor máximo estabelecido para estes itens segundo o que é exigido para os rios de classe 2, sendo portanto, dentro destes parâmetros de referência, enquadrado como um rio de classe 3. Na análise da qualidade da água utilizando o IQA da Cetesb, as águas apresentaram-se classificadas como boas. Os resultados obtidos neste trabalho, demonstraram que mesmo diante das diversas formas de interferência que o rio Ligeiro vem recebendo ao longo dos anos no perímetro urbano do município, a qualidade da água analisada entre Dezembro de 2010 e Abril de 2011 nos pontos escolhidos, revelou-se dentro da classe 2, sugerida para o referido manancial e segundo IQA, foram classificadas como águas boas, entretanto, impróprias para recreação, pois possuem quantidade significativa de microrganismos patogênicos.

Palavras-chave: Rio Ligeiro. Qualidade da água. IQA.

ABSTRACTS

PIZATO, Everton. Evaluation of the quality of water at Ligeiro River by physical-chemical and microbiological analyses. 2011. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

This study aimed to evaluate the quality of the water in Ligeiro River, located in the city of Pato Branco, in the southwest of the state of Parana. To this end, we analyzed the physical-chemical and microbiological parameters, comparing the values obtained with legal standards and classification of the respective river according to the CONAMA Resolution 357/05. Then, the overall assessment of the data was performed using as a general indicator of water quality, the Water Quality Index (AQI) Cetesb. The variables monitored were: BOD, COD, Chlorides, Total Nitrogen, pH, dissolved oxygen, temperature and environment of the sample, turbidity, total solids, fixed solids, volatile solids, thermo tolerant coliforms and total coliforms. Except the parameters DO and thermo tolerant coliforms, the other physical-chemical results obtained in this study are within the guidelines required for this source pursuant to CONAMA Resolution 357/05. Individual analysis of OD values and thermo tolerant coliforms, extrapolated from the maximum limit for these items according to what is required for class 2 rivers, and therefore, within these benchmarks, framed as a class 3 river. In the analysis of water quality using the AQI Cetesb, the waters were presented as classified as good. The results of this study showed that even with the various forms of interference that the river has been receiving over the years in the urban perimeter, water quality examined between December 2010 and April 2011 was revealed to be into the Class 2, suggested to the referred source and according to AQI, the waters were classified as good. However, it is noteworthy that waters are unsuitable for recreation because they have significant amount of pathogenic microorganisms.

Key-words: Ligeiro River, Quality of water AQI

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Formas de ocorrência da poluição da água em uma bacia hidrográfica ..	18
Figura 2 - Curvas médias da variação de qualidade para cada parâmetro	30
Figura 3 – Mapa das Bacias Hidrográficas de Pato Branco	31
Figura 4 – Localização do ponto de coleta 01 – Gralha Azul	32
Figura 5 – Localização do ponto de coleta 02 – Baixada Industrial.....	33
Figura 6 – Localização do ponto de coleta 03 – Trevo do Patinho.....	33
Figura 7 – Localização dos três pontos de coleta das amostras	34
Figura 8 – Fontes de poluição rio Ligeiro a) e b) Diversas formas de lixo observado c) Entulhos acumulados no rio d) Descarte de efluente industrial.....	35
Figura 9 – Valores obtidos para temperatura da água do rio	39
Figura 10 – Valores obtidos para temperatura ambiente	39
Figura 11 – Gráfico dos valores obtidos para potencial hidrogeniônico	40
Figura 12 – Resultados obtidos do parâmetro oxigênio dissolvido.....	41
Figura 13 – Gráfico dos valores obtidos para o parâmetro turbidez.....	43
Figura 14 – Valores obtidos para o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio ...	44
Figura 15 – Valores obtidos para o parâmetro Demanda Química de Oxigênio	45
Figura 16 – Resultado dos valores encontrados para Nitrogênio total.....	46
Figura 17 – Gráfico dos valores obtido de Cloretos	47
Figura 18 – Valores obtidos para o parâmetro Sólidos Totais.....	48
Figura 19 – Valores obtidos para o parâmetro Sólidos Fixos	49
Figura 20 – Valores obtidos para o parâmetro Sólidos Voláteis.....	49
Figura 21 – Resultado obtido dos valores de Coliformes termotolerantes e Coliformes Totais	50
Figura 22 – Pontos de canalização do Córrego Fundo a) e b) Obras de canalização iniciadas em Fevereiro 2011 c) Canalização antiga existente d) Obra de canalização efetuada em 2010	53
Figura 23 – Obras de canalização a) Leito do rio em Outubro 2010 b) Mesmo ponto em Maio de 2011.....	54
Figura 24 – Leito do rio Ligeiro em um ponto central	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros e pesos relativos do IQA	29
Tabela 2 – Classificação da qualidade das águas	29
Tabela 3 – Variáveis monitoradas	36
Tabela 4 – Valores do IQA calculado	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Indicadores utilizados nos diferentes índices de qualidade das águas ..27

LISTA DE SIGLAS

DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
IPPUPB	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Pato Branco
IQA	Índice da Qualidade da Água
NMP	Número mais provável
NTU	Unidade de Turbidez Nefelométrica
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ACRÔNIMOS

Cetesb	Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Laqua	Laboratório de Qualidade Agroindustrial
Sema	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Suderhsa	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
Surehma	Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente

LISTA DE SÍMBOLOS

Cl ⁻	Íon cloreto
cm	Centímetro
H ⁺	Íon hidrogênio
H ₂ O	Água
km	Quilômetro
L	Litro
m	Metro
mg.L ⁻¹	Miligrama por litro
mmHg	Milímetro de mercúrio
N	Nitrogênio
O ₂	Gás oxigênio
°C	Graus Celsius
P	Fósforo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo geral	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	18
2.2 IMPUREZAS ENCONTRADAS NA ÁGUA.....	19
2.2.1 Características físicas	19
2.2.2 Características químicas	20
2.2.3 Características biológicas.....	22
2.3 PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS – ASPECTOS LEGAIS	22
2.4 OBJETIVO DO MONITORAMENTO E ESCOLHA DOS PARÂMETROS	25
2.8 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	31
3.2 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA	32
3.3 PARÂMETROS DA PESQUISA	35
3.4 COLETA E FREQUENCIA DE AMOSTRAGEM	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	38
4.2.1 Temperatura da água e temperatura ambiente	38
4.2.2 Potencial hidrogeniônico (pH)	40
4.2.3 Oxigênio dissolvido	41
4.2.4 Turbidez	43
4.2.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	43
4.2.7 Nitrogênio total e fósforo total.....	45
4.2.9 Cloretos.....	46
4.2.10 Sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis	47
4.3 ANÁLISE DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	49
4.3.1 Coliformes termotolerantes e Coliformes totais.....	49
4.4 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA	51
4.5 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55

6 REFERÊNCIAS.....	57
---------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Dentro da visão global da questão do saneamento ambiental, uma das maiores preocupações, é com o recurso natural água. Se levada em consideração a sua disponibilidade de uso a nível superficial, cresce ainda mais a preocupação em manter uma determinada qualidade. Dessa forma, é necessário assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para o consumo da população, para o uso na agricultura e na indústria, e ao mesmo tempo para manutenção dos ecossistemas.

Desde os primórdios da civilização, o ser humano foi atraído a estabelecer moradia às margens ou próximo aos cursos hídricos, o que lhes garantia água para beber, para irrigação, transporte, criação de animais e outras atividades. Infelizmente, o crescimento demográfico concentrado desenfreado, aliado a um processo de urbanização sem gerenciamento, acaba promovendo a degradação do meio ambiente como um todo, gerando para as cidades receptoras desta população a preocupação cada vez maior da escassez da água em condições de uso com qualidade.

Historicamente, o destino final de qualquer efluente urbano é o encaminhamento a um corpo d'água. Em consequência desse lançamento, surge a possibilidade de serem gerados certos inconvenientes, como, por exemplo, o despreendimento de maus odores, o sabor estranho na água potável, mortandade de peixes, entre outros (IMHOFF, 1986).

Para garantir a qualidade às futuras gerações, leis de proteção ao meio ambiente, e, conseqüentemente dos recursos hídricos, vem sendo elaboradas e aprovadas pelos legisladores, estruturando e delimitando poderes aos órgãos competentes. Devido a essa determinação, o Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), estabeleceu através da Resolução nº 357 em 2005, a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, a fim de manter um padrão de qualidade para as águas superficiais, conforme sua utilização.

Dentro deste enfoque, o estudo da qualidade da água é fundamental, tanto para se caracterizar as conseqüências de uma determinada atividade poluidora, quanto para se estabelecer os meios para que se satisfaça determinado uso da água (VON SPERLING, 1996; MOTA, 1995).

Analisando a bacia hidrográfica do rio Ligeiro localizada no município de Pato Branco, é possível observar ao longo do percurso urbano do rio, diversos problemas provocados pela ocupação sem planejamento ambiental adequado, que ocorreu, e ainda ocorre em suas margens. Este rio que já serviu para o abastecimento de água potável para a população da cidade, hoje é utilizado basicamente para a diluição de despejos domésticos e industriais.

Considerando o enquadramento do rio Ligeiro como um rio de classe 2, que segundo a legislação, são águas que podem ser destinadas a recreação, abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional), irrigação e atividades de pesca, este trabalho de conclusão de curso, teve como propósito, avaliar alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos do respectivo rio e confrontar com os limites estabelecidos pela Resolução do Conama nº 357/2005.

Em seguida, a avaliação do conjunto de dados foi feita utilizando como indicador geral da qualidade da água, o Índice de Qualidade da Água (IQA) modificado pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (Cetesb), para compreender de forma simplificada as condições atuais das águas que cruzam a cidade. Dessa forma, ao final do estudo, foi possível obter um pequeno diagnóstico da real situação do rio no perímetro urbano do município.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Estudar as alterações na qualidade da água do Rio Ligeiro, município de Pato Branco - Paraná, utilizando como indicativos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de água do Rio Ligeiro;

- Caracterizar a qualidade atual das águas do Rio Ligeiro no percurso que cruza o perímetro urbano do município, confrontando os resultados obtidos com a Resolução nº 357/05 do Conama;
- Observar a influência da urbanização nos resultados analíticos;
- Avaliar a qualidade da água utilizando o Índice de Qualidade da Água da Cetesb.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS

O conceito de qualidade da água é muito mais amplo que a simples caracterização pela fórmula molecular H_2O . Devido as suas propriedades de solvente, a água incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a *qualidade da água*, resultante dos fenômenos naturais e da atuação do homem (VON SPERLING, 1996).

De um modo geral, estas impurezas podem alcançar valores elevados, causando malefícios ao homem e ao meio ambiente, prejudicando os seus usos. Assim, estas impurezas precisam ser limitadas em função dos fins a que se destina a água (MOTA, 1995).

Mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, devido às precipitações atmosféricas, a qualidade das águas pode ser afetada. As principais fontes de poluição de origem natural são a decomposição de vegetais, erosão das margens e a salinização provocada pelo escoamento superficial, bem como a infiltração no solo e em corpos receptores. Além dos fenômenos naturais, existe a interferência do homem sobre as características da qualidade da água. A forma como o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta nesta qualidade, modificando os padrões naturais através da geração de despejos domésticos ou industriais, lixo, aplicação de defensivos agrícolas no solo, pesticidas, fertilizantes, entre outros fatores (VON SPERLING, 1996).

A Figura 1 apresenta algumas formas de ocorrência da poluição da água.

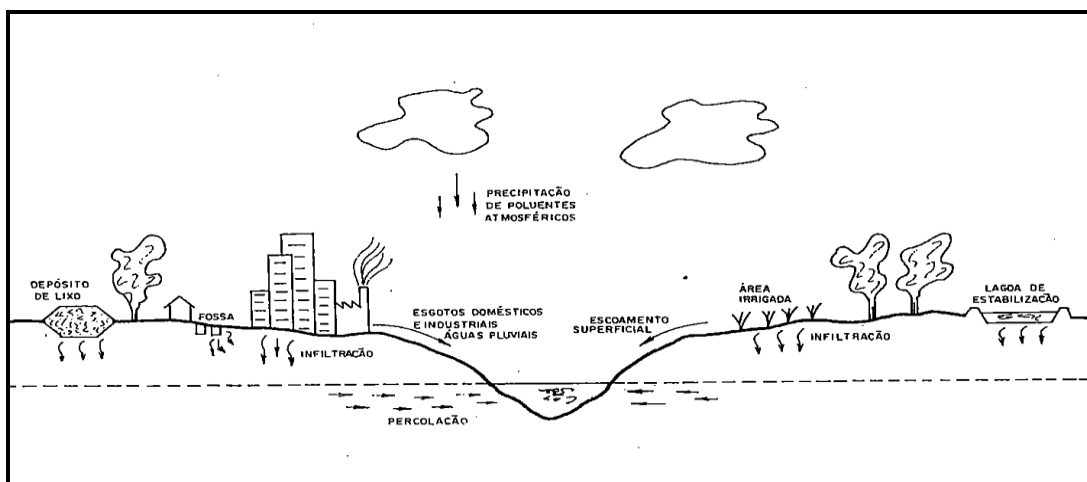


Figura 1 – Formas de ocorrência da poluição da água em uma bacia hidrográfica
Fonte: Mota (1995).

Dessa forma, a qualidade da água dos rios, é influenciada pela ação da natureza (clima da região, a vegetação circundante, o tipo de solo, o ecossistema aquático), e ainda pela ação humana, (entrada de poluentes de fontes pontuais e não pontuais), sendo, portanto, resultado do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica em que ela se apresenta (VON SPERLING, 1996).

O termo fontes “pontuais” e “fontes não pontuais” de poluição foi estabelecido para definir os tipos de entrada dos poluentes no meio ambiente. As fontes não pontuais representam os despejos oriundos de atividades humanas para as quais os poluentes não tem entrada definida nos corpos de água receptores, sendo de difícil identificação, medição e controle. Ao contrário, fontes pontuais representam os lançamentos das atividades onde as águas residuárias são dirigidas diretamente para os cursos d’água, onde podem ser medidas e controladas (NIEWEGLOWSKI, 2006).

Ao se encarar o problema da poluição, quaisquer que sejam os usos previstos, seja para as prioridades básicas, como o abastecimento público de água potável e uso agrícola, ou a própria diluição de esgotos e resíduos industriais, deve-se procurar proteger a flora e a fauna naturais dos rios e lagos, visando estabelecer uma escala de necessidades básicas em que terão prioridade os usos mais nobres (BRANCO, 1972).

2.2 IMPUREZAS ENCONTRADAS NA ÁGUA

Os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados de uma maneira simplificada pelas suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água. A seguir, serão descritos alguns destes parâmetros mencionados pela legislação para verificação da qualidade da água.

2.2.1 Características físicas

As características físicas estão relacionadas, principalmente, com o aspecto estético da água. Incluem-se nestas características:

Cor: a cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas dispersas, de origem predominante orgânica e pode ser resultado da presença de compostos de ferro e manganês, ou de diversos efluentes industriais. Os compostos orgânicos que conferem cor as águas naturais são provenientes em maior escala de matéria orgânica de origem predominantemente vegetal e do metabolismo de microorganismos presentes no solo, além das atividades antrópicas, como descargas de efluentes domésticos e industriais, lixiviação de vias urbanas e solos agriculturáveis (LIBÂNIO, 2005).

Turbidez: causada pela presença de sólidos em suspensão na água, partículas insolúveis de solo, matéria orgânica e organismos microscópicos. Representa o grau de interferência com a passagem de luz através da água, conferindo uma aparência turva a mesma (MOTA, 1995; VON SPERLING, 1996).

Temperatura: a temperatura exerce influência em uma série de variáveis físico-químicas. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas de crescimento, limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. Deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros, como por exemplo, o oxigênio dissolvido (CETESB, 2011).

2.2.2 Características químicas

Potencial hidrogeniônico (pH): o pH influi no grau de solubilidade de diversas substâncias, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, definindo inclusive o potencial de toxicidade de vários elementos. Em determinadas condições de pH, podem ocorrer a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados. Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, tanto de acordo com a legislação federal, quanto pela legislação estadual. Os critérios de proteção a vida aquática fixam o pH entre 6 e 9 (LIBÂNIO, 2005; CETESB, 2011).

Série de nitrogênio: o nitrogênio segue um ciclo no meio ambiente, podendo estar presente em diversas formas – amoniacal, nitritos, nitratos. Estes compostos ocorrem na água, originários de esgoto domésticos e industriais ou da drenagem de áreas fertilizadas. O nitrogênio contribui para o desenvolvimento de algas em mananciais, devendo ser limitado, para evitar a proliferação excessiva das mesmas (MOTA, 1995).

Fósforo: por ser menos abundante que o nitrogênio, o fósforo acaba sendo o fator limitante para o desenvolvimento de algas e plantas no meio aquático. Origina-se da dissolução de compostos do solo e decomposição da matéria orgânica, podendo ocorrer, semelhantemente ao nitrogênio, por lançamento de despejos domésticos e industriais, fertilizantes e lixiviação de criatório de animais (LIBÂNIO, 2005).

Oxigênio dissolvido (OD): o teor de oxigênio dissolvido é um indicador de poluição por matéria orgânica. É de extrema importância para microrganismos *aeróbios* (que vivem em presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem o uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução na sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições de *anaerobiose* (ausência de oxigênio), com a geração de maus odores. Uma adequada provisão de OD é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais (VON SPERLING, 1996; CETESB, 2011).

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO): é a quantidade de oxigênio molecular necessária a estabilização da matéria orgânica que pode ser decomposta por via biológica. Portanto, a DBO, é um parâmetro que indica a quantidade de oxigênio necessária, em meio aquático, à respiração de microrganismos aeróbios, para consumirem a matéria orgânica introduzida na forma de esgotos ou de outros resíduos orgânicos. A determinação da DBO é feita em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, a temperatura de 20° C (MOTA, 1995).

Demanda química de oxigênio (DQO): é a quantidade de oxigênio quimicamente utilizada para a oxidação da matéria orgânica e inorgânica de uma amostra. Uma das limitações é o fato que este teste não diferencia matéria orgânica biodegradável e matéria orgânica não biodegradável, a primeira determinada por teste de DBO. Os valores de DQO são sempre maiores que a DBO, devido à oxidação química decompor matéria orgânica não biodegradável (MOTA, 1995; SEWELL, 1978 apud JABUR, 2010)

2.2.3 Características biológicas

As características biológicas das águas naturais referem-se aos diversos microrganismos que habitam o ambiente aquático. Sua relevância manifesta-se na possibilidade de transmitir doenças e na transformação da matéria orgânica dentro dos ciclos biogeoquímicos de diversos elementos como o nitrogênio. A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças pode ser estudada de uma forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo de coliformes (LIBÂNIO, 2005; VON SPERLING, 1996).

Segundo Mota, (1995, p.8), entre os microrganismos que podem ser encontrados na água destacam-se:

- Algas: as algas embora tendo grande importância para o equilíbrio ecológico do meio aquático, sendo responsáveis por parte do oxigênio presente no líquido (produzido através do processo de fotossíntese), podem acarretar, também, alguns problemas, sendo os principais: formação de grande massa orgânica, levando a produção de quantidade excessiva de lodo e a liberação de vários compostos orgânicos, os quais podem ser tóxicos ou produzir sabor e odor desagradáveis; formação de camadas de algas nas superfícies de reservatórios, causando turbidez e dificultando a penetração de luz solar, com a consequente redução de oxigênio do meio; [...]
- Microrganismos patogênicos: são introduzidos na água junto com a matéria fecal de esgotos sanitários. Podem ser de vários tipos: bactérias, vírus, protozoários e vermes. Estes microrganismos não são residentes naturais do meio aquático, tendo origem, principalmente, nos dejetos de pessoas doentes ou portadores. Assim, têm sobrevivência limitada neste meio, podendo, no entanto, alcançar um ser humano, através da ingestão ou contato com água, causando-lhe doenças.

2.3 PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS – ASPECTOS LEGAIS

Para cada uso da água, são exigidos limites máximos de impurezas que a mesma pode conter. Estes limites, quando estabelecidos por organismos oficiais, são chamados de padrões de qualidade. As exigências para uma água destinada ao consumo humano são diferentes das relativas águas para serem usadas para irrigação ou recreação. Estas, por sua vez, devem atender a requisitos diferentes dos exigidos para a água que se destina apenas ao uso estético ou ao afastamento e diluição de despejos (MOTA, 1995).

Desta forma, os organismos públicos podem estabelecer critérios ou condições a serem atendidos pelos mananciais, em função dos usos aos quais os mesmos se destinam. Nesses casos, é feita uma classificação das águas sendo, para cada classe, definidos os usos a que se destina e os critérios ou condições a serem observados (MOTA, 1995).

Com a publicação da Lei Federal nº 9433/97, denominada de Política Nacional de Recursos Hídricos, cujo objetivo maior, é assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, os estados buscaram estruturar suas próprias leis, visando à implantação de um plano de gerenciamento para os recursos hídricos (MACHADO, 2006).

No estado do Paraná, foi decretada e sancionada a Lei Estadual nº 12726/99 que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, seguindo a linha geral da lei federal citada anteriormente. Segundo Machado (2006, p.4):

Com o avanço na implantação deste novo ordenamento jurídico-administrativo, as normativas existentes se alteraram, como foi o caso da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 20, de 1986, mencionando a classificação dos corpos hídricos [...]. Com isto, em 2005, foi redigida a nova resolução, a qual foi denominada de Resolução do Conama nº 357/05.

O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado do Paraná é composto pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, Comitês de Bacias Hidrográficas, Agências de Bacias Hidrográficas, Sema (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) e Suderhsa (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). O sistema tem por objetivos:

- Coordenar a gestão integrada das águas;
- Arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- Implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos;
- Planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos e dos ecossistemas aquáticos do Estado;

- Promover a cobrança pelos direitos de uso de recursos hídricos (SUDERSHA, 2011);

Dessa forma, foram criadas e publicadas diversas Portarias de enquadramento dos cursos d'água no Estado do Paraná, classificando-os de acordo com a Resolução nº 357/05. A filosofia de enquadramento, objetiva adequar os usos atuais e pretendidos das águas a um nível de qualidade desejado, de tal forma a compatibilizar as atividades antrópicas com a manutenção do equilíbrio ecológico aquático (SUDERHSA, 2011).

No Estado do Paraná, a Portaria nº 20/1992 da antiga Surehma (Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente), fornece o enquadramento dos cursos d'água da bacia do Rio Iguaçu, como rios de classe 2, conseqüentemente, enquadrando o rio Ligeiro que faz parte desta bacia, na mesma classe (PARANÁ, 2010)

No estudo da qualidade de corpos d'água, o Conama dividiu os sistemas hídricos em águas doces, salobras e salinas, as quais integram treze classes, de acordo com o tipo e uso de suas águas. Esta classificação, denominada enquadramento, apresenta padrões de qualidade e estabelece limites individuais para cada substância em cada classe, como por exemplo, o mínimo de oxigênio dissolvido, valores de pH, DBO, entre outros. No caso das águas doces, estas foram divididas em 05 classes conforme Brasil (2005) apud Machado (2006, p.4):

- Classe Especial – destinada ao abastecimento para consumo humano com desinfecção, preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, preservação do equilíbrio natural em unidades de conservação de proteção integral;
- Classe 1 – podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, proteção das comunidades aquáticas, à recreação, à irrigação de hortaliças consumidas cruas e à proteção de comunidades aquáticas em áreas indígenas;
- Classe 2 – podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado, proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, frutíferas, parques e jardins e a aqüicultura ou atividade pesqueira;
- Classe 3 – podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e dessedentação de animais;
- Classe 4 – pode ser destinada à navegação e à harmonia paisagística;

Considerando a qualidade existente de uma determinada água (função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica) e a qualidade desejável para a

água (função do uso previsto), a multiplicidade de usos da água, com interesses, muitas vezes conflitantes, pode conduzir a problemas, tanto em termos de qualidade como de quantidade. Estes conflitos de usos acentuam-se, principalmente, quando são intensificados os processos de industrialização, de urbanização e de agricultura intensiva (VON SPERLING, 1996; MOTA, 1995).

Dentro deste enfoque, o estudo da qualidade da água é fundamental, tanto para se caracterizar as conseqüências de uma determinada atividade poluidora, quanto para se estabelecer os meios para que se satisfaça determinado uso da água (VON SPERLING, 1996; MOTA, 1995).

2.4 OBJETIVO DO MONITORAMENTO E ESCOLHA DOS PARÂMETROS

De acordo com o objetivo a ser atingido, o monitoramento da qualidade da água pode ter as seguintes finalidades: monitoramento para verificação das tendências, monitoramento biológico, monitoramento ecológico e monitoramento para a fiscalização. Uma das principais razões para o monitoramento da qualidade da água é a avaliação da influência humana nos ecossistemas aquáticos. A presença de efluentes e esgotos pode ser a maior causa de impacto, sendo mais facilmente identificada. De outro lado, as fontes não pontuais e ou difusas, como as chuvas ácidas, descargas de sólidos da agricultura com seus poluentes agregados (nutrientes e agrotóxicos) e escoamento superficial urbano, são de difícil identificação (MACHADO, 2006; NIEWEGLOWSKI, 2006).

A mudança da qualidade da água provocada por estas e outras atividades podem ter efeitos cumulativos e ter a remediação dificultada pela grande fonte de impactos envolvidos. Segundo Chapman (1996); Benetti e Bidone (1993) apud Machado (2006, p.14), para o caso de rios, deve ser adotado o monitoramento com os seguintes objetivos:

- Avaliar a qualidade da água para determinar a sua adequabilidade para os usos propostos, tais quais, para o consumo humano, irrigação, dessedentação de animais, e industriais entre outros;
- Acompanhar a evolução a curto, médio, e longo prazo da qualidade e da água ao longo do tempo, avaliando as conseqüências do uso e ocupação do solo na bacia, medidas de controle de poluição adotadas, variações demográficas, variações climática, mudanças com relação aos usos, intervenções de gerenciamento com a finalidade de proteção da qualidade da água [...].

Ao final do estudo, as avaliações contínuas de determinados parâmetros, fornecem um conjunto de dados que devem ser traduzidos em informações, e assim expressar uma dada qualidade da água resultante no momento daquela amostragem. Como os rios são caracterizados por sistemas complexos naturais das áreas adjacentes, para Bollman et al (2005) apud Nieweglowski (2006, p.14):

tanto o ambiente natural quanto o antrópico [...], configuram em sistemas que tem sido frequentemente decompostos e estudados em partes, cada qual segundo sua própria ótica [...]. Não se pode esquecer que os padrões de qualidade ambiental variam entre a cidade e o campo, entre regiões de diferentes países, entre cidades de um mesmo país, e entre áreas de uma mesma cidade. Na verdade todos os recursos empregados para materializar noções de qualidade, são passíveis de críticas e reparos, não há medida padrão que possa ser usada [...].

Desta forma, todos estes fatores conduzem para um complexo sistema de interação física, química e biológica, resultando em uma determinada qualidade da água no momento de sua avaliação. Assim quando se coleta uma amostra de água tem-se uma representação das interações dos parâmetros escolhidos, o que constituirá um ponto de partida para a avaliação da qualidade daquele corpo hídrico, onde estas interações representariam uma distribuição amostral no tempo do sistema estudado (MACHADO, 2006).

Para que isto seja traduzido em uma interpretação da qualidade da água, ou até mesmo para estabelecer um sistema de monitoramento, faz-se necessária a utilização de métodos simples, fornecendo informações objetivas e interpretáveis, considerando as características próprias do corpo hídrico em estudo. A escolha dos parâmetros a serem monitorados, está relacionada com o objetivo da pesquisa, o tipo de estudo, a disponibilidade financeira para o monitoramento, entre outros. Sob este ponto de vista, não existem ainda critérios definidos e aceitos para que se possa afirmar ser de uso geral. Pode variar desde a verificação da conformidade aos padrões estabelecidos em legislação até na determinação das tendências da qualidade da água, (HARMAMCIOGLU; OZKUL; ALPASLAN; (1998) apud MACHADO, (2006)).

Na atualidade o monitoramento da qualidade da água proporciona um amplo campo de participação e divulgação de conhecimentos na sociedade, fornecendo ferramentas para a compreensão do meio ambiente e tomada de decisões. A função educacional inclui a remoção de barreiras para o entendimento apresentado pelas

terminologias científicas, facilitando a maneira como as informações podem ser repassadas ao público para entendimento do ambiente local. Além disso, permite identificar os locais mais degradados com necessidade de remediação mais urgentes, pesquisas mais aprofundadas sobre a presença de contaminantes especiais e fontes de poluição (NIEWEGLOWSKI, 2006).

2.8 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)

Na metade do século XX começaram a ser propostos índices de qualidade da água associados a um determinado uso, considerando um conjunto de dados semelhantes de variáveis físico-químicas e variáveis biológicas. Pelaez-Rodriguez et al. (2002) apud Machado (2006), apresenta no Quadro 1, as principais variáveis utilizadas nos diferentes índices de qualidade de água elaborados ao longo dos anos.

Autor	Indicadores / Características
Horton (1965)	pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, coliformes, cloreto, alcalinidade, substâncias extraídas com clorofórmio.
Brown (1970)	pH, oxigênio dissolvido, coliformes fecais, DBO ₅ , nitrato, fosfato, temperatura, turbidez e sólidos totais.
Prati et al. (1971)	pH, oxigênio dissolvido, carbono orgânico dissolvido, sólidos em suspensão, amônia, nitrato, cloreto, ferro, manganês e surfactantes.
Ross (1977)	Oxigênio dissolvido, DBO ₅ , N-amoniacal, sólidos em suspensão.
Bolton et al. (1978)	pH, oxigênio dissolvido, N-amoniacal, N-total, coliformes sólidos em suspensão, fosfato, temperatura, condutividade elétrica.
House e Ellis (1987)	pH, oxigênio dissolvido, DBO ₅ , N-amoniacal, nitrato, coliformes, sólidos em suspensão, metais, temperatura, cloreto, hidrocarboneto, pesticidas, fenóis, cianetos.
Smith (1989)	pH, oxigênio dissolvido, coliformes, DBO ₅ , temperatura, turbidez, amônia.
Tyson e House (1990)	pH, oxigênio dissolvido, DBO ₅ , amônia, nitrato, sólidos em suspensão, cloretos.
Smith (1990)	pH, oxigênio dissolvido, coliformes, DBO ₅ , resíduo total, sólidos em suspensão, temperatura, turbidez.
IQA – Cetesb (1993)	pH, oxigênio dissolvido, coliformes, DBO ₅ , resíduo total, temperatura, turbidez, N-total, P-total.
IVA – Cetesb (Zagatto et al. 1999)	pH, oxigênio dissolvido, teste de toxicidade, metais fenóis, surfactantes, fósforo, clorofila-a.

Quadro - 1 – Indicadores utilizados nos diferentes índices de qualidade das águas
Fonte: Adaptado de Pelaez-Rodrigues, et al. (2002) apud Machado (2006).

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, e tinha como propósito desenvolver um indicador que, por meio dos resultados das análises das características físicas, químicas e biológicas, pudesse fornecer ao público em geral um balizador da qualidade das águas de um corpo hídrico. (LIBÂNIO, 2005).

No Brasil, o principal índice utilizado é o da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público. No estado do Paraná, a qualidade das águas superficiais leva em consideração os seguintes parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), *Escherichia Coli* (*E. coli*), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), nitrogênio total, fósforo total, turbidez e temperatura da água (MACHADO, 2006; PARANÁ, 2011)

O IQA da Cetesb, foi adaptado a partir de um estudo realizado por um grupo profissionais da área de qualidade da água realizado em 1970 pela “*National Sanitation Foundation*” dos Estados Unidos, 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 nove foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro (CPRH, 2011).

O IQA, modificado pela Cetesb, é calculado pelo produto ponderado das notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade de água: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20^o C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. Para calcular o IQA, a Equação (1) é utilizada:

$$IQA = \sum_{i=1}^9 qi \times wi \quad (1)$$

Onde:

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

O valor do i -ésimo parâmetro de q_i , pode ser encontrado utilizando os gráficos da Figura 2 (sequência) para um parâmetro de interesse, interpolando os valores obtidos experimentalmente em sua respectiva curva. Dessa forma, basta verificar o peso do i -ésimo parâmetro de w_i correspondente, conforme a Tabela 1 abaixo.






Tabela 1 – Parâmetros e pesos relativos do IQA

Parâmetros	Pesos relativos
1. Oxigênio dissolvido	0,17
2. Coliformes fecais	0,15
3. pH	0,12
4. Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
5. Fósforo total	0,10
6. Temperatura	0,10
7. Nitrogênio total	0,10
8. Turbidez	0,08
9. Sólidos totais	0,08

Fonte – Adaptado de Cetesb (2011).

A somatória destes parâmetros, fornecem um valor entre 0 e 100, que corresponde ao IQA ou a qualidade da água bruta, classificada de acordo com as faixas de valores do índice, conforme a Tabela 2, ilustrada abaixo.

Tabela 2 – Classificação da qualidade das águas

Valor	Qualificação	Cor
80 – 100	Ótima	
52 – 79	Boa	
37 – 51	Aceitável	
20 – 36	Ruim	
0 - 19	Péssima	

Fonte: Adaptado de Cetesb (2011).

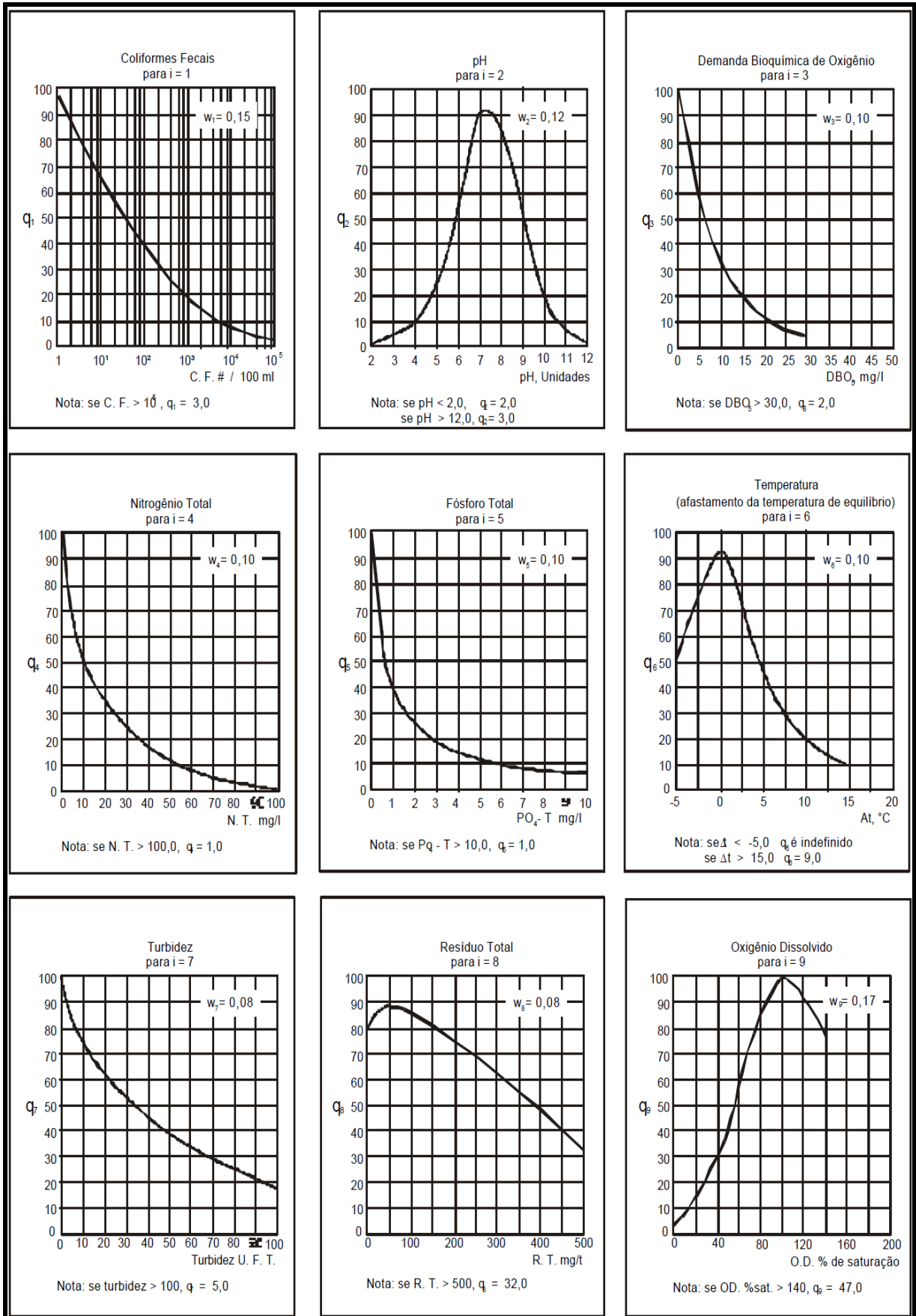


Figura 2 - Curvas médias da variação de qualidade para cada parâmetro
 Fonte: Cetesb (2011).

3.2 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

Os pontos de coleta foram determinados utilizando como referencia mapas das bacias hidrográficas e o trabalho de campo para definir os locais de melhor acesso. Em alguns pontos o rio encontra-se canalizado e / ou com construções em cima, dificultando o acesso, em outros está a céu aberto, muitas vezes sem a proteção de mata ciliar ou cercas, o que facilita o aumento da poluição.

Dessa forma, foram definidos três pontos de coleta no percurso urbano do rio, localizando-se na nascente, no centro da cidade e no final do perímetro urbano do município. Os critérios para escolha dos locais de coleta basearam-se na representatividade do ponto escolhido, análise do alto da bacia hidrográfica do rio Ligeiro e demais bacias afluentes, bem como a facilidade de acesso ao local.

O ponto 1 localiza-se abaixo de uma das nascentes do rio Ligeiro, nas proximidades do bairro Gralha Azul. Neste local, a coleta das amostras foi realizada em nível abaixo da rua nas coordenadas $26^{\circ}16'14.08''$ sul, $52^{\circ}40'53.84''$ oeste, e altitude de 844 m. Para melhor visualização do local, segue abaixo a Figura 4.

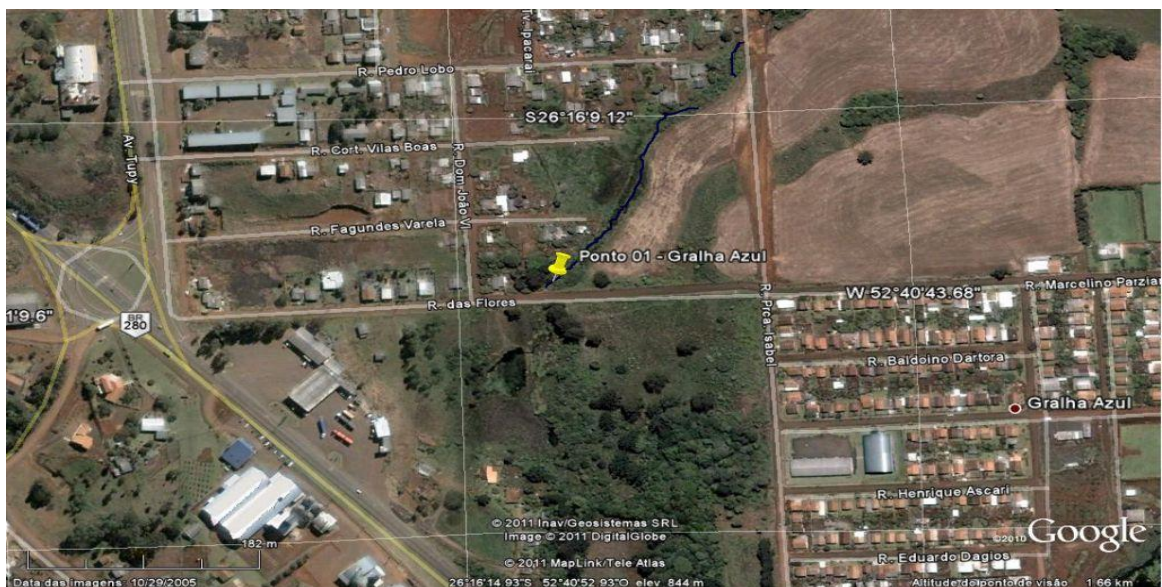


Figura 4 – Localização do ponto de coleta 01 – Gralha Azul
Fonte: Modificado de Google (2011).

O ponto 2 (Figura 5), encontra-se a $26^{\circ}14'11.08''$ ao sul, $52^{\circ}40'12.42''$ a oeste, e altitude de 762 m. Localizado ao lado da Rua Francisco Brochado da Rocha, na Baixada Industrial, o ponto escolhido possui pouca mata ciliar e é cercado por

residências. Logo acima do ponto de coleta, ocorre a junção do Rio Ligeiro com as nascentes de pequenos córregos do bairro La Salle e Industrial.



Figura 5 – Localização do ponto de coleta 02 – Baixada Industrial
Fonte: Modificado de Google (2011).

O ponto três (Figura 6) está situado nas proximidades do Trevo do Patinho logo abaixo da ponte da Rodovia BR 158. Localizado nas coordenadas 26°12'08.29" sul, 52°40'44.60" oeste e a 739 m, o ponto fica próximo ao local onde o rio recebe os afluentes oriundos da Bacia Hidrográfica do Córrego Fundo e da Bacia Hidrográfica do Rio Penso, bem como demais córregos adjacentes.



Figura 6 – Localização do ponto de coleta 03 – Trevo do Patinho
Fonte: Modificado de Google (2011).

Para melhor visualização dos pontos de coleta escolhidos, o mapa da cidade na Figura 7, apresenta o limite do perímetro urbano do município, proposto pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Pato Branco (IPPUPB), bem como as bacias hidrográficas nesta limitação. Em destaque encontram-se as imagens dos locais de coleta.

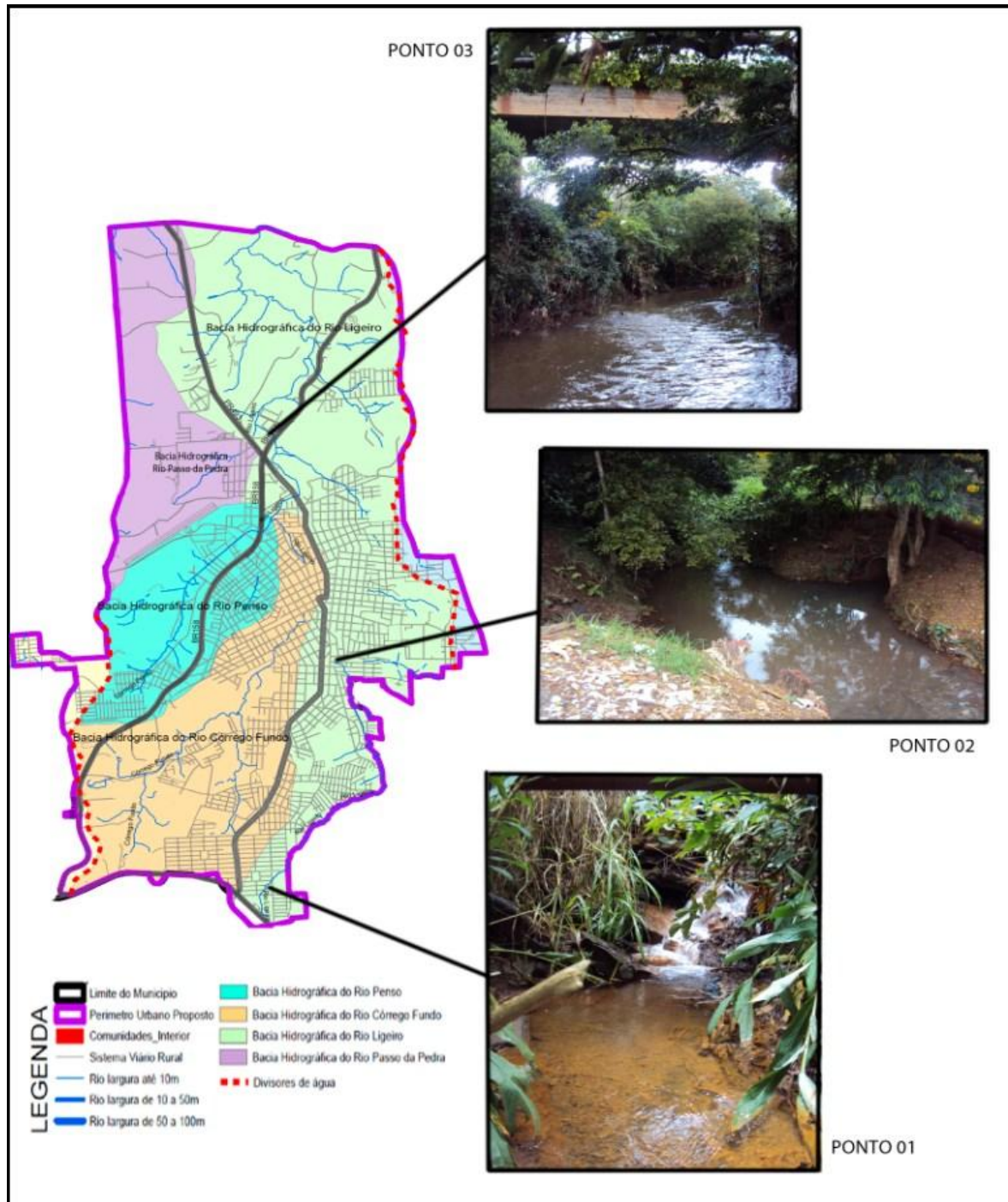


Figura 7 – Localização dos três pontos de coleta das amostras
Fonte: Modificado de IPPUPB (2010).

3.3 PARÂMETROS DA PESQUISA

Considerando que o alto da bacia do Rio Ligeiro encontra-se inserida no perímetro urbano do município de Pato Branco, e partindo do pressuposto que possa estar sofrendo interferências na qualidade da água devido à poluição provocada por diversos fatores (Figura 8) – lixo urbano, ligações clandestinas de esgoto doméstico e industrial, arraste de óleos e graxas de automóveis – decidiu-se por verificar o nível de qualidade das águas do rio no percurso delimitado, utilizando como referência para isto, a análise de determinados parâmetros físico-químicos e microbiológicos, buscando assim, comparar os valores obtidos com os padrões legais e a classificação do respectivo rio, estabelecidos pela Resolução número 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) (BRASIL, 2006).



Figura 8 – Fontes de poluição rio Ligeiro a) e b) Diversas formas de lixo observado c) Entulhos acumulados no rio d) Descarte de efluente industrial
 Fonte: Autor (2011).

O foco deste trabalho foi buscar identificar durante o período amostral, possíveis interferências e variações da qualidade da água causadas pela urbanização sobre o percurso do rio, e servir também, como uma prévia para análises futuras da bacia hidrográfica do rio Ligeiro. O trabalho efetuado possui dados referentes à qualidade da água do rio de uma forma quantitativa, traduzindo em números as informações obtidas para a classificação e análise.

As variáveis monitoradas estão apresentadas na Tabela 3 bem como os critérios estabelecidos na Resolução nº Conama 357/2005 (BRASIL, 2006) para os rios de classe 2.

Tabela 3 – Variáveis monitoradas

Parâmetros	Unidade	Limites Resolução Conama nº 357/2005*
<i>Físico-Químicos</i>		
1. OD	mg.L ⁻¹	Mínimo de 5,0 mg.L ⁻¹ de O ₂
2. pH	Unidades de pH	6,0 a 9,0
3. Temperatura do ar	°C	Não aplicável
4. Temperatura da água	°C	Não aplicável
5. Nitrogênio Total	mg.L ⁻¹	Não aplicável
6. Fósforo total	mg.L ⁻¹	0,1
7. DBO ₅	mg.L ⁻¹ O ₂	5
8. DQO	mg.L ⁻¹ O ₂	Não aplicável
9. Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	Não aplicável
10. Sólidos Fixos	mg.L ⁻¹	Não aplicável
11. Sólidos Voláteis	mg.L ⁻¹	Não aplicável
12. Turbidez	NTU	100
13. Cloretos	mg.L ⁻¹ Cl	250
<i>Microbiológicas</i>		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000
Coliformes Totais	NMP/100 ml	Não aplicável

Fonte: Brasil (2006).

(*) Os valores numéricos considerados para os pontos amostrais do rio Ligeiro referem-se aqueles determinados para a Classe 2 da Resolução Conama 357/05, condizentes com o enquadramento proposto para o manancial.

3.4 COLETA E FREQUENCIA DE AMOSTRAGEM

As coletas tiveram início no mês de Dezembro de 2010 e término no mês de Abril de 2011, respeitando um período de, no mínimo, 48 horas sem chuva, totalizando 15 amostras (cinco coletas em três pontos diferentes). A técnica utilizada para coleta foi a de amostragem simples (não contínua) e manual, de forma a retirar a quantidade necessária de amostra para as análises diretamente no rio, evitando a presença de materiais flutuantes, folhas ou outros resíduos presentes.

Os recipientes utilizados para a coleta das amostras eram frascos de polietileno previamente esterilizados. No ponto escolhido, retirava-se a tampa do frasco coletor, mergulhando-o contra a corrente de modo que a boca do mesmo ficasse de 20 a 30 cm abaixo da superfície da água, minimizando assim possíveis contaminações. Após a coleta, as amostras eram encaminhadas ao laboratório de análises, com no máximo uma hora de armazenamento. Todos os frascos eram identificados (data e local da coleta) e armazenados em caixa de isopor com gelo, mantendo as amostras resfriadas até encaminhá-las ao laboratório.

Nos três pontos de coleta, foram determinados os seguintes parâmetros: Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO₅, Demanda Química de Oxigênio – DQO, Cloretos, Nitrogênio Total, Fósforo Total, pH, Oxigênio Dissolvido, Temperatura da amostra e Temperatura ambiente, Turbidez, Sólidos Totais, Sólidos Fixos e Sólidos Voláteis. No ponto 2 de coleta, além dos parâmetros mencionados, foram analisados *Coliformes termotolerantes* e *Coliformes totais*.

As análises de pH, oxigênio dissolvido, temperatura ambiente e temperatura da amostra, foram efetuadas no local da coleta no momento da amostragem, utilizando equipamentos portáteis, já calibrados para as medições. Os demais parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram analisados pelo Laboratório de Água e Alimentos (Laqua) e no Laboratório de Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), seguindo os procedimentos da 19ª edição do *American Public Health Association* (APHA, 1995).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos desta pesquisa estão apresentados e discutidos mediante a avaliação individual de cada parâmetro escolhido, com relação à Resolução nº 357/2005 do Conama. Em seguida, a avaliação do conjunto de dados foi feita utilizando o Índice de Qualidade das Águas (IQA / Cetesb – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental), para compreender a situação atual das águas que cruzam o perímetro urbano do município de Pato Branco.

4.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

4.2.1 Temperatura da água e temperatura ambiente

A temperatura superficial faz parte do regime climático normal de corpos de águas naturais, e pode ser influenciada por diversos fatores, tais como variações sazonais e diurnas (período do dia), altitude e profundidade, entre outros. Entretanto, grandes variações de temperatura em um corpo d'água geralmente são provocadas por despejos industriais e usinas termoeletricas.

No Brasil, a temperatura se mantém entre 20° e 30° C, com exceção de algumas regiões e mananciais da região Sul, nos quais a temperatura da água, em períodos de inverno pode chegar a valores entre 5° e 15° C. Além de influenciar nas reações metabólicas a temperatura influencia também na concentração de oxigênio dissolvido na água, o que significa uma relação inversamente proporcional (LIBÂNIO, 2005; CLASS, 2007).

A Resolução do Conama nº 357/2005 não faz menção a limites de temperatura nos rios, entretanto, apresenta em seu art. 34 parágrafo 4, as condições de temperatura para o lançamento de efluentes, que deve ser inferior a 40° C e a variação de temperatura no corpo receptor não deve exceder a 3° C na zona de mistura.

Analisando os valores encontrados, todos os resultados da temperatura ambiente e da temperatura da água do rio mantiveram-se constantes durante as medições, e condizentes com as temperaturas regionais nesta esta época do ano, não ocorrendo grandes variações entre os valores obtidos. As Figuras 9 e 10

apresentam os resultados encontrados da temperatura da água do rio e da temperatura ambiente para os três pontos de coleta.

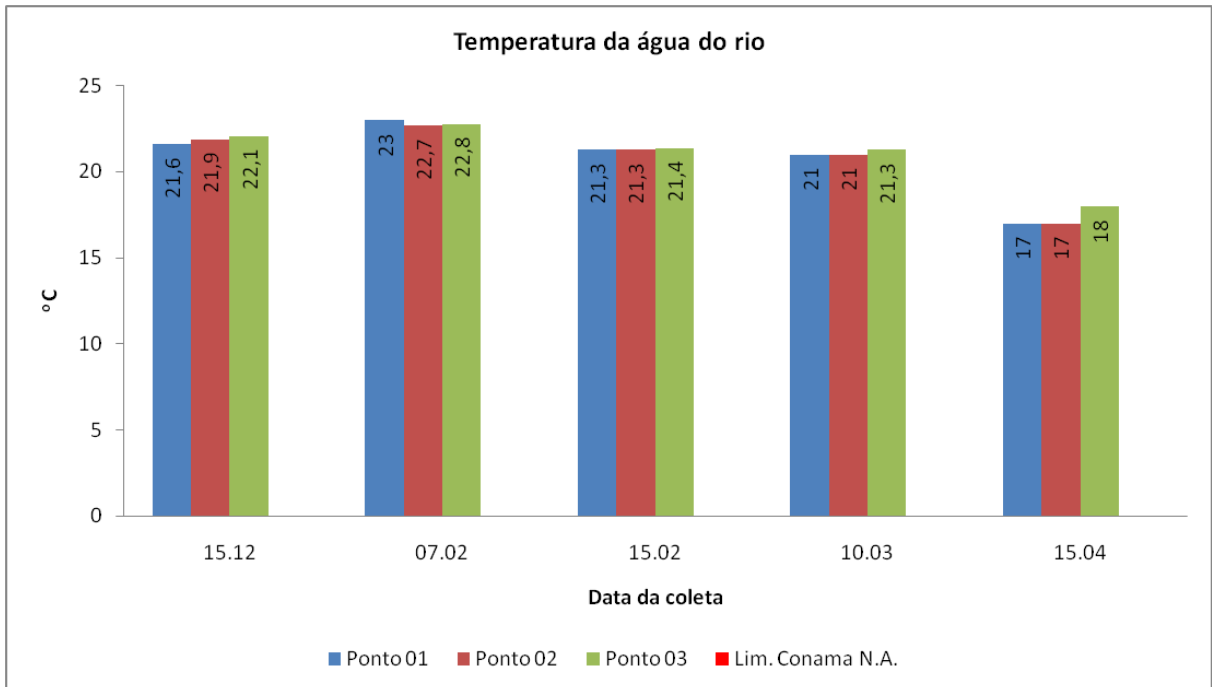


Figura 9 – Valores obtidos para temperatura da água do rio

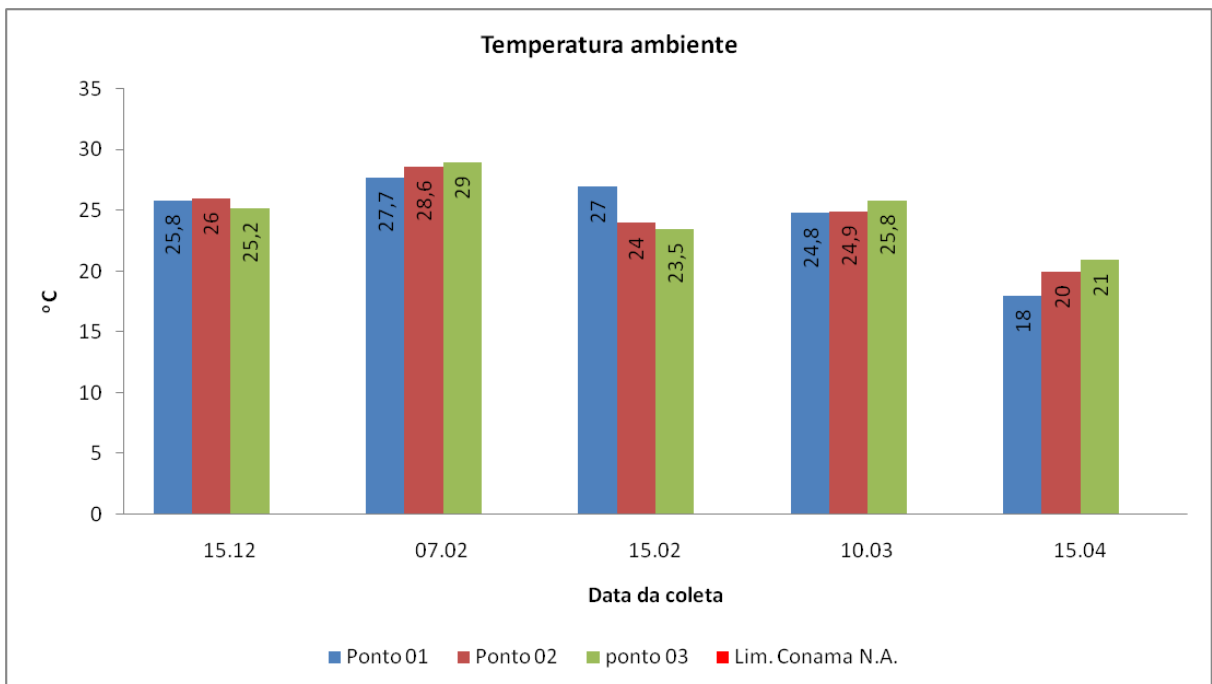


Figura 10 – Valores obtidos para temperatura ambiente

4.2.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) consiste na concentração dos íons H^+ nas águas e representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. Segundo British Columbia (1998) apud Nieweglowski (2006), valores de pH básicos tendem a solubilizar a amônia na água, metais pesados e outros sais, e precipitar sais de carbonato. Níveis baixos de pH, interferem, aumentando as concentrações de dióxido de carbono e ácido carbônico. Os efeitos letais para a vida aquática ocorrem abaixo de pH 4,5 e acima de pH 9,5.

Todos os resultados de pH encontrados nas amostras analisadas, apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos na Resolução do Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2006) para os rios de classe 2, dentro da faixa de 6,0 a 9,0. Em determinadas análises, os valores obtidos encontravam-se ligeiramente ácidos. Como pode ser observado na Figura 11, os valores de pH mantiveram-se constantes em todos os pontos de coleta, não excedendo em nenhum momento, o limite de máximo e mínimo exigido. Jabur (2010) analisando a qualidade da água do Rio Ligeiro no período entre Maio de 2008 a Janeiro de 2009, encontrou valores de pH na faixa de 5,89 a 6,96, dados semelhantes aos valores aos obtidos nesta pesquisa.

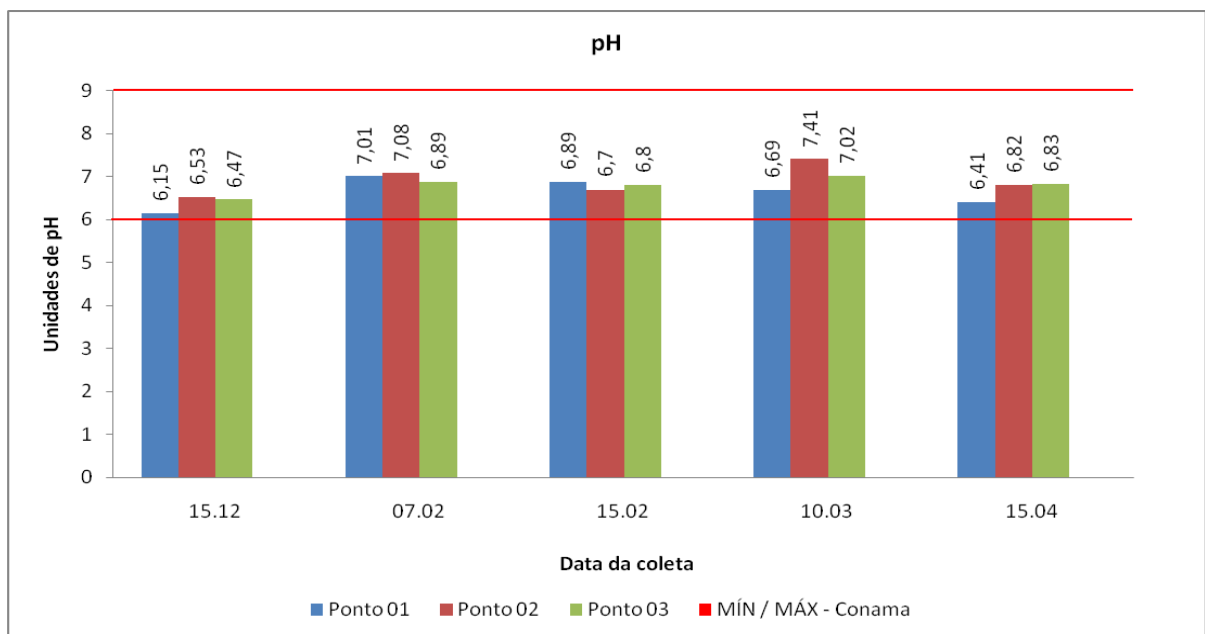


Figura 11 – Gráfico dos valores obtidos para potencial hidrogeniônico

4.2.3 Oxigênio dissolvido

O teor de oxigênio dissolvido nas águas, a uma pressão de 760 mmHg, 100% de umidade relativa e a uma temperatura de 0 °C, é de 14,60 mg de O₂ L⁻¹. Se alterarmos apenas a temperatura, subindo para 30° C, mantendo as condições descritas acima, esta solubilização cai para 7,59 mg de O₂ L⁻¹. Ao nível do mar e à temperatura de 20° C, a concentração de oxigênio dissolvido à saturação é de 9,2 mg.L⁻¹ (MACHADO 2006; LIBÂNIO 2005).

Considerando o enquadramento do rio Ligeiro como de classe 2, conforme Resolução do Conama n° 357/05 (BRASIL, 2006), a quantidade de oxigênio dissolvido em qualquer amostra não deve ser inferior a 5 mg.L⁻¹. Na Figura 12, encontram-se os valores obtidos de oxigênio dissolvido nos três pontos de coleta. Os resultados apresentados indicam que todas as análises ficaram um pouco abaixo do limite mínimo exigido, mantendo-se constantes em todos os pontos de coleta.

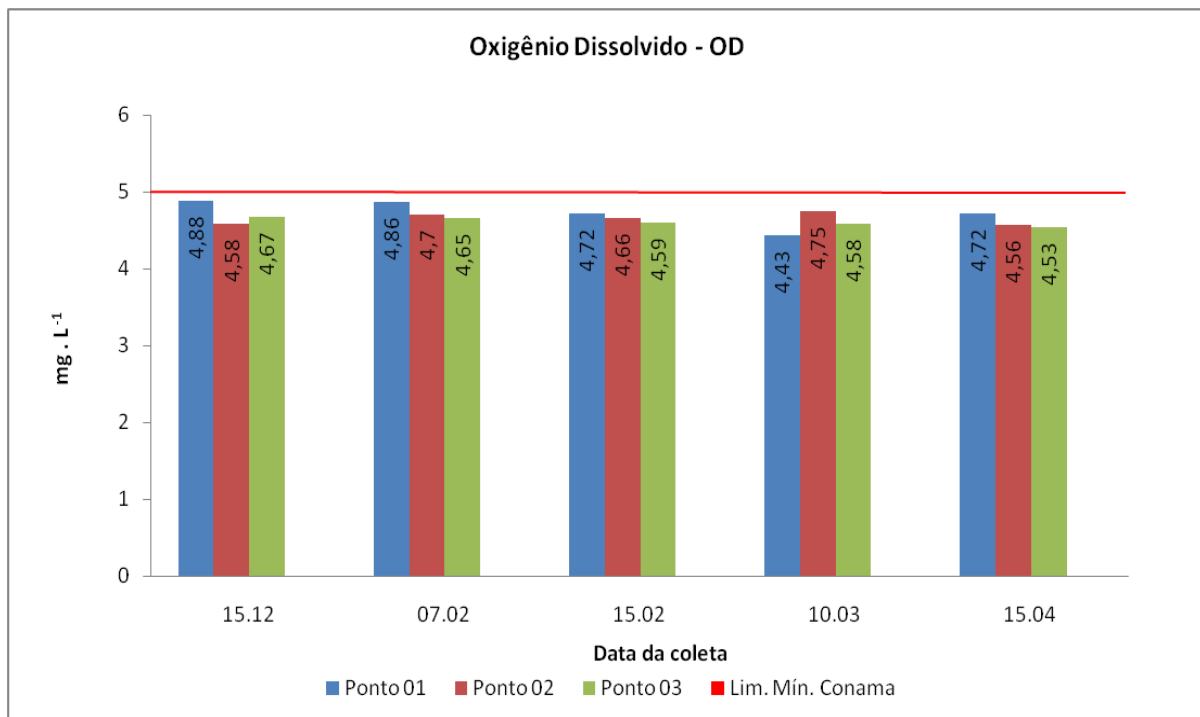


Figura 12 – Resultados obtidos do parâmetro oxigênio dissolvido

As variações nos teores de OD estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. A redução de OD pode ocorrer por razões naturais principalmente pela respiração de organismos presentes no ambiente aquático, por perdas para a atmosfera, mineralização da matéria

orgânica e oxidação de íons. Baixas concentrações de oxigênio ($<5,0 \text{ mg.L}^{-1}$) podem indicar processos de consumo através efluentes industriais, agricultura, efluentes de esgotos domésticos, entre outros. Além destes fatores, deve-se considerar também as características hidrodinâmicas do corpo d'água, que modificam o teor de oxigênio dissolvido no meio. No caso específico do Rio Ligeiro no perímetro urbano, o rio apresenta menor profundidade e diversas corredeiras, excelentes condições para uma eficiente turbulência e a reaeração natural do manacial.

Segundo Machado (2006), com relação às alterações na qualidade da água provocadas por efluentes orgânicos, o oxigênio dissolvido, pode ser utilizado como um indicador primordial na avaliação dos efeitos causados por estes despejos, apontando as seguintes relações: valores superiores à saturação indicariam a presença de algas e um bom processo de fotossíntese; valores inferiores à saturação indicariam a presença de matéria orgânica provavelmente de esgotos; na faixa de 4 a 5 mg.L^{-1} poderia conduzir a morte de peixes mais exigentes em relação aos níveis de oxigênio na água.

Entretanto, Von Sperling (1997) cita que no caso de compostos predominantemente orgânicos em início de degradação ou em pequenas concentrações, o consumo de oxigênio dissolvido para as atividades respiratórias dos microrganismos, também pode ser reduzido, possibilitando que ainda seja encontrado oxigênio dissolvido suficiente para a vida de peixes (MACHADO, 2006).

Mesmo diante das concentrações de oxigênio dissolvido fora dos valores exigido pela legislação, durante a coleta de amostras, foi observado a presença de pequenos peixes como cascudos (*Hypostomus sp*), jundiás (*Rhamdia sp*) e lambaris (*Astynax sp*) em todos os pontos de coleta, comprovando que peixes menos exigentes com relação a quantidade de oxigênio dissolvido, podem sobreviver nestas condições.

Outro fator que pode diminuir a concentração de oxigênio dissolvido no rio e que deve ser considerado é influência da temperatura. Segundo dados obtidos por Jabur (2010) em sua pesquisa sobre a qualidade da água do Rio Ligeiro, foram observadas variações de 4,5 a 8,9 mg.L^{-1} de O_2 . Os menores valores obtidos de oxigênio dissolvido ocorreram nos meses de novembro (4,5 mg.L^{-1}), dezembro (5,5 mg.L^{-1}) e janeiro (4,6 mg.L^{-1}), casos em que a temperatura média observada foi de 23° C, fornecendo valores semelhantes aos encontrados nesta pesquisa.

4.2.4 Turbidez

Em geral, o teor natural de turbidez das águas superficiais está compreendido na faixa de 3 a 500 unidades nefelométricas (NTU). Em lagos e represas, onde a velocidade de escoamento da água é menor, a turbidez tende a ser bastante baixa. Além da ocorrência natural provocada por erosão, partículas de argila, areia e fragmentos de rocha, a turbidez da água pode ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais (LIBÂNIO, 2005).

A Resolução do Conama nº 357/05 (BRASIL, 2006), considera para os rios de classe 2 o valor limite de 100 NTU. Os valores de turbidez encontrados nos três pontos de coleta, não ultrapassaram os limites estabelecidos em nenhum momento, ficando na maioria das vezes com valores bem abaixo do permitido, como pode ser observado na Figura 13.

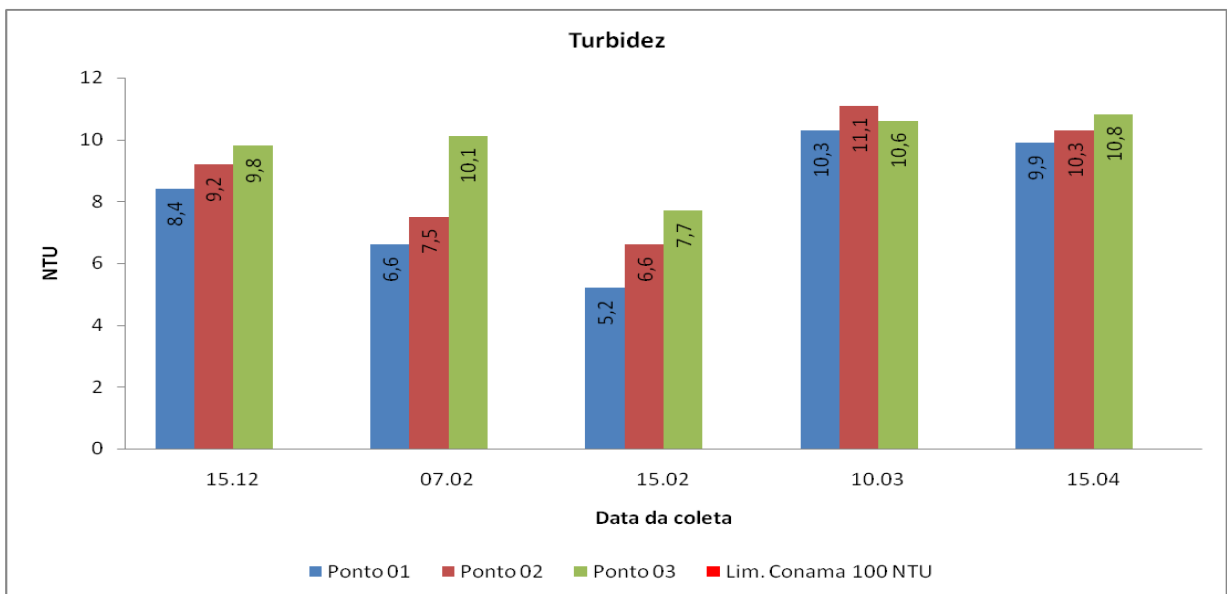


Figura 13 – Gráfico dos valores obtidos para o parâmetro turbidez

4.2.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Em condições normais os valores de DBO₅ em ambientes naturais situam-se entre 1 a 10 mg.L⁻¹ de O₂. Os maiores aumentos em termos de DBO em um corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânicos. Em águas superficiais com DBO₅ inferiores a 4 mg de O₂ L⁻¹, são consideradas

razoavelmente limpas, e aquelas com níveis maiores do que $10 \text{ mg de O}_2 \text{ L}^{-1}$ são consideradas poluídas (MCNEELY (1979) et al. MACHADO (2006)).

Os resultados de DBO obtidos nas coletas efetuadas permaneceram dentro do limite estabelecido pela Resolução do Conama nº 357/05 (BRASIL, 2006) para os rios de classe 2, que é de 5 mg.L^{-1} , classificando o respectivo rio, como não poluído. Conforme pode ser observado no gráfico da Figura 14, a maioria dos valores de DBO encontrados demonstraram um aumento crescente de montante (ponto 1 – galha azul) para jusante (ponto 3 – trevo patinho) do rio.

Considerando que o aumento da DBO_5 , não apresentou grandes variações entre a nascente e o ponto após a cidade, pode-se destacar que durante este monitoramento, não ocorreram contaminações significativas que pudessem alterar a qualidade da água do rio, ou capazes de alterar a capacidade de depuração da matéria orgânica.

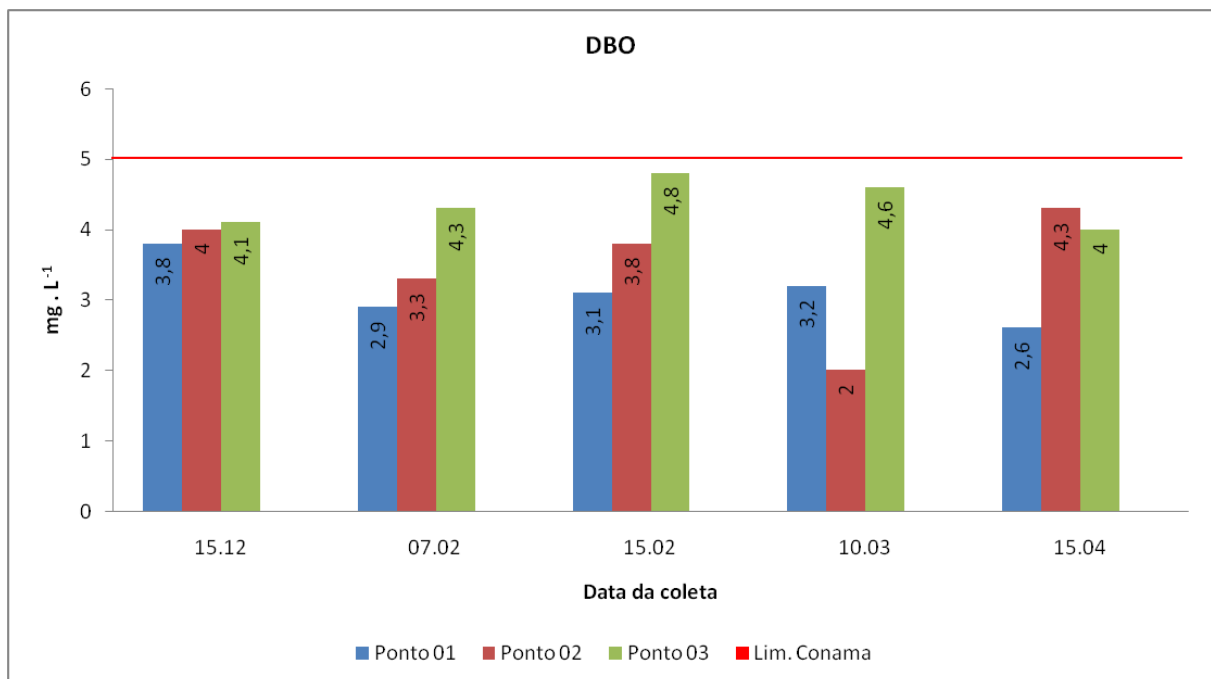


Figura 14 – Valores obtidos para o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio

O parâmetro avaliado de DQO não possui limite estabelecido pela Resolução do Conama nº 357/05 (BRASIL, 2006), não sendo possível avaliar estes dados com base na legislação. Os valores de DQO normalmente são maiores que os da DBO_5 , e tornam-se muito úteis para observar a biodegradabilidade de despejos. Como na DBO mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar

do valor da DQO, maior será a biodegradabilidade desta amostra. Valores muito elevados de DQO indicam que as características da amostra em questão podem apresentar materiais orgânicos redutores, oriundos principalmente de efluentes industriais, o que não foi observado nas análises.

Nas amostras coletadas (Figura 15), observou-se um aumento de DQO proporcional a DBO, com exceção a coleta realizada no dia 10.03 que apresentou valores maiores no ponto 3. Da mesma forma que para os valores de DBO, durante este monitoramento, não foram observados variações elevadas para este parâmetro.

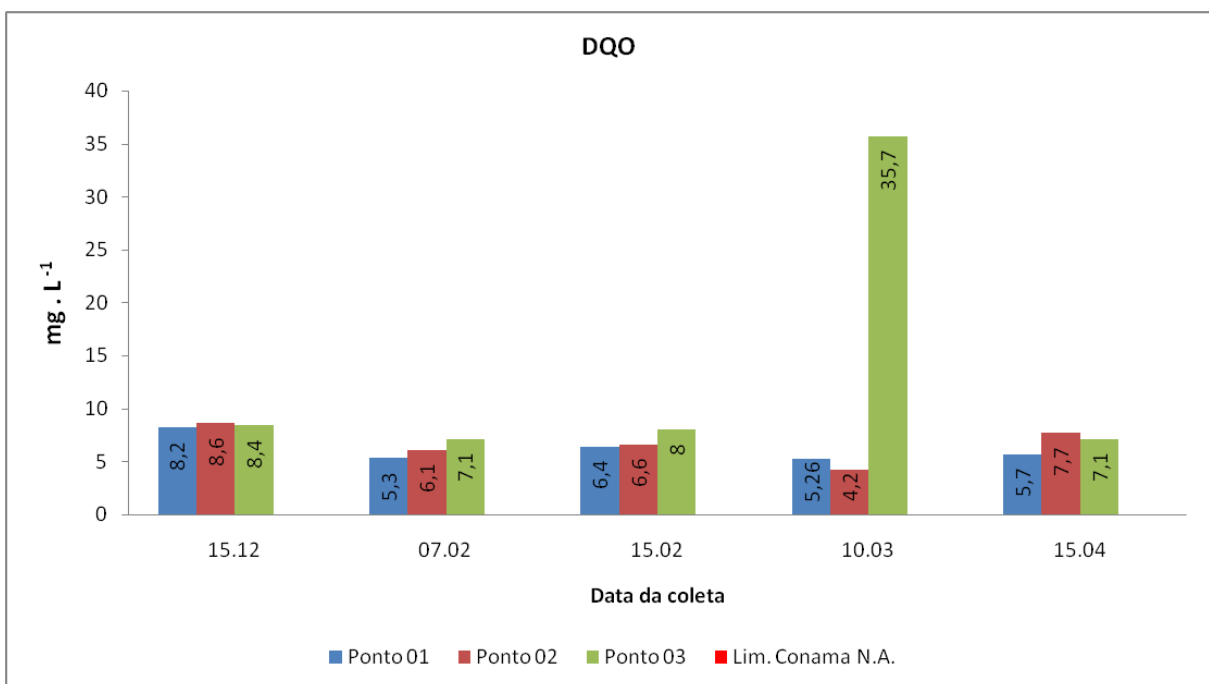


Figura 15 – Valores obtidos para o parâmetro Demanda Química de Oxigênio

4.2.7 Nitrogênio total e fósforo total

O nitrogênio, juntamente com o fósforo, constitui-se como nutrientes essenciais para o crescimento de algas e plantas aquáticas, sendo considerados indicadores que caracterizam o processo de eutrofização em rios e lagos. Além da origem natural, estes compostos podem estar presentes em rios urbanos decorrentes de despejos domésticos, industriais, criatórios de animais, bem como fertilizantes utilizados na agricultura, passíveis de serem carregados pelas chuvas (LIBÂNIO, 2005).

Segundo a Resolução Conama n° 357/05 (BRASIL, 2006) para rios de classe 2, o valor limite de fósforo é de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ e para o parâmetro nitrogênio total não existe limites estabelecidos. Os valores obtidos de nitrogênio total encontram-se na Figura 16 a seguir. Todos os valores de fósforo total não apresentaram valores quantificáveis, ficando abaixo do limite de detecção. Dessa forma, os dados obtidos referente ao fósforo total encontram-se dentro do limite exigido pela legislação.

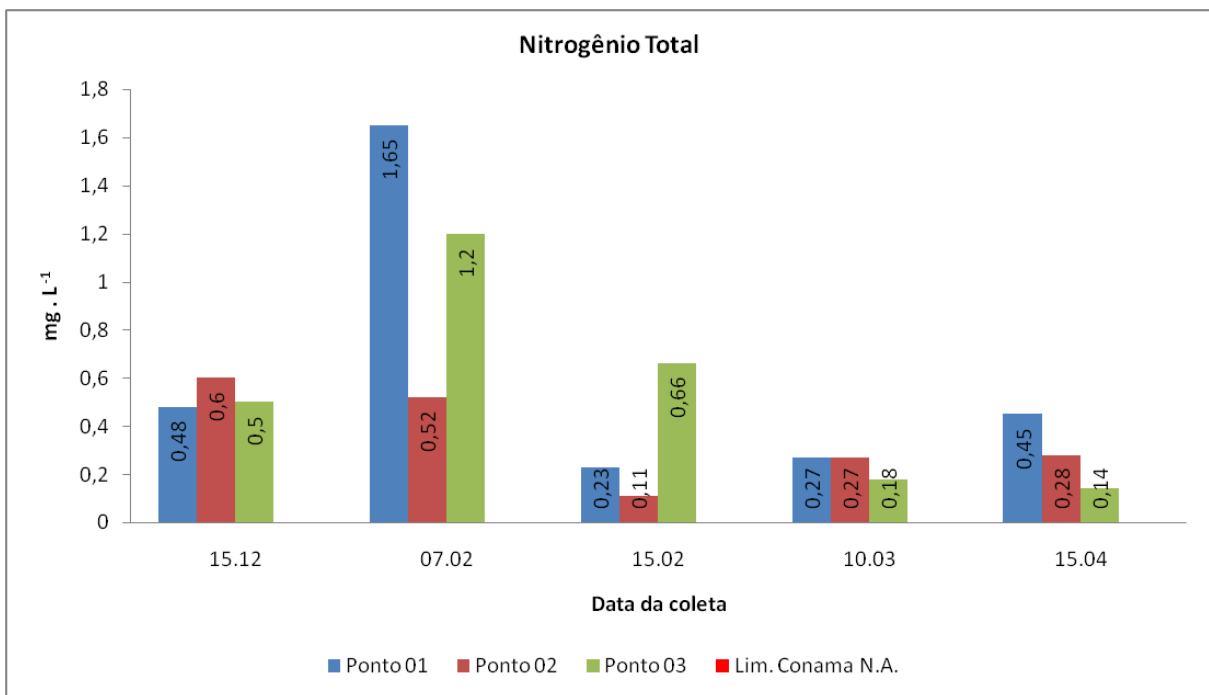


Figura 16 – Resultado dos valores encontrados para Nitrogênio total
Fonte:

4.2.9 Cloretos

Segundo Cetesb (2011), o cloro pode ser encontrado na superfície da terra na forma do íon $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ em rochas ígneas. O cloreto que se apresenta nas águas subterrâneas é oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais, são fontes importantes de cloreto descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca de 4 g de cloreto por dia. Tais quantias fazem com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam 15 mg.L^{-1} . Tomazoni (2003) apud Machado (2006), descreve que analisando dados da Sanepar para a captação do rio Pato Branco, este encontrou valores médios de 15 mg.L^{-1} de $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$. Por outro lado, através do Atlas Geoquímico

para a bacia estudada, os teores se encontram na faixa de 0,15 a 0,33 mg.L⁻¹ de Cl⁻_(aq).

Segundo a Resolução Conama n^o 357/05 (BRASIL, 2006) para os rios de classe 2, o valor máximo permitido de cloretos é de 250 mg.L⁻¹. Durante o período de amostragem observou-se que em alguns pontos do percurso do rio ocorria o lançamento de esgotos domésticos, além o arraste de produtos de limpeza oriundos de postos de lavagem e postos de combustíveis presentes na área central do município. Entretanto, conforme pode ser observado na Figura 17, não ocorreram violações do limite estipulado pela legislação, provavelmente pela diluição e / ou pouca quantidade lançada destes efluentes neste percurso.

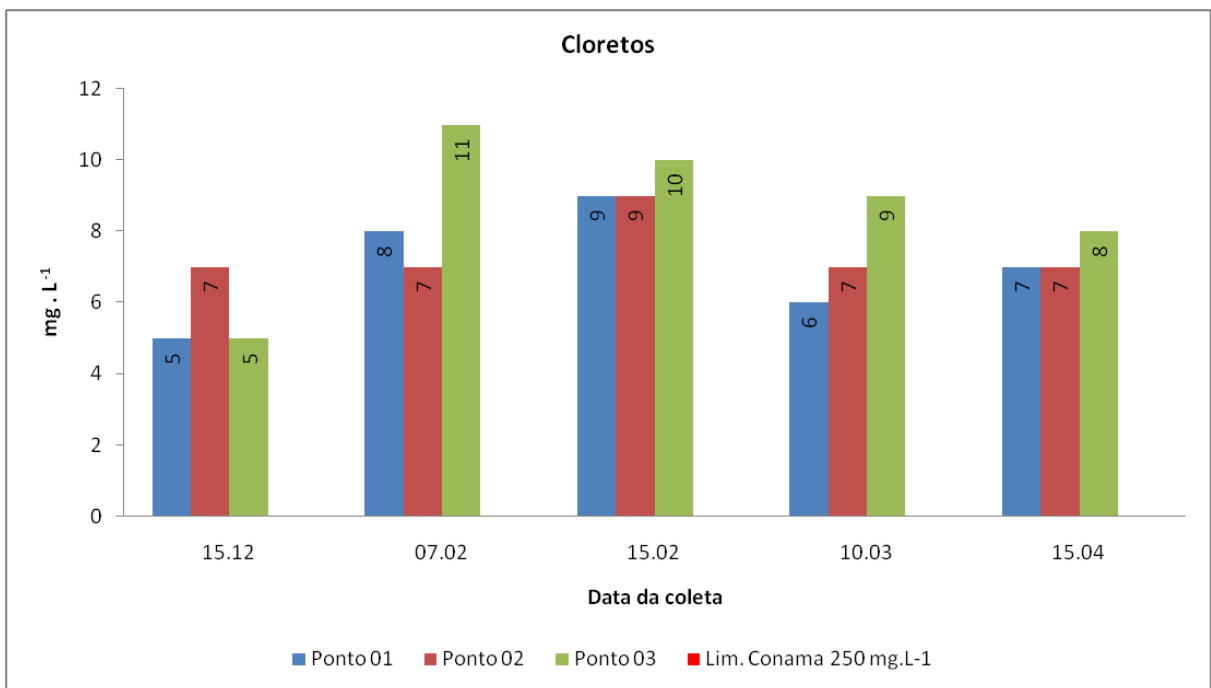


Figura 17 – Gráfico dos valores obtido de Cloretos

4.2.10 Sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis

Os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. As operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas formas de sólidos presentes na água (sólidos totais, sólidos em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). Valores elevados de sólidos totais podem sedimentar e danificar os leitos de desova de peixes, reter

bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia, ou ainda a sedimentação de espécies da comunidade para o fundo dos corpos hídricos.

A Resolução Conama nº 357/05 (BRASIL, 2006) não estipula um valor limite para estas variáveis, não sendo possível analisar os dados obtidos perante a legislação. Conforme apresentado nas Figuras 18, 19 e 20, os valores encontrados apresentam certa homogeneidade, não ocorrendo grandes variações nestas análises. A detecção de sólidos indica a possibilidade de turvação da água com o impedimento de penetração da luz. Logo, em bacias hidrográficas com atividade agrícola, processos de erosão, descargas de galerias pluviais, lançamentos de estações e tratamento, a possibilidade de aumento de sólidos na água é aumentada. Segundo Nieweglowski (2006), em bacias hidrográficas de pequeno porte, as enxurradas com carreamento de sólidos são eventos rápidos, cujo efeito no rio não pode ser evidenciado com amostragens pontuais, e em coleta com dias secos como no presente trabalho.

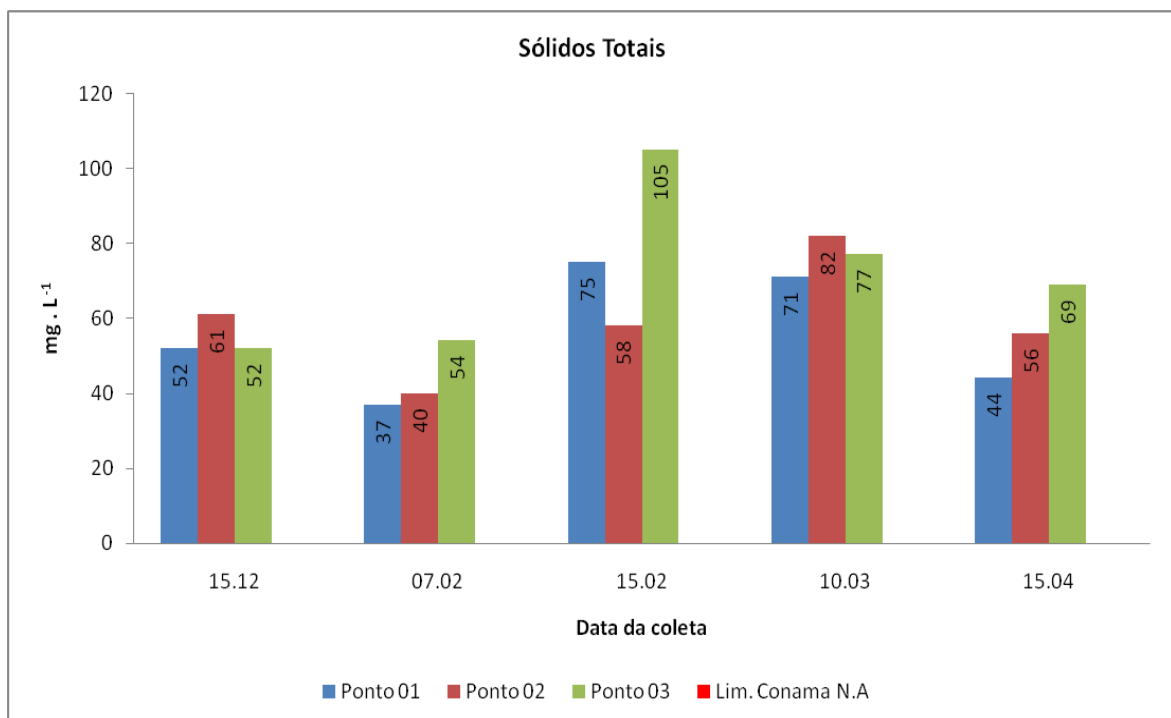


Figura 18 – Valores obtidos para o parâmetro Sólidos Totais

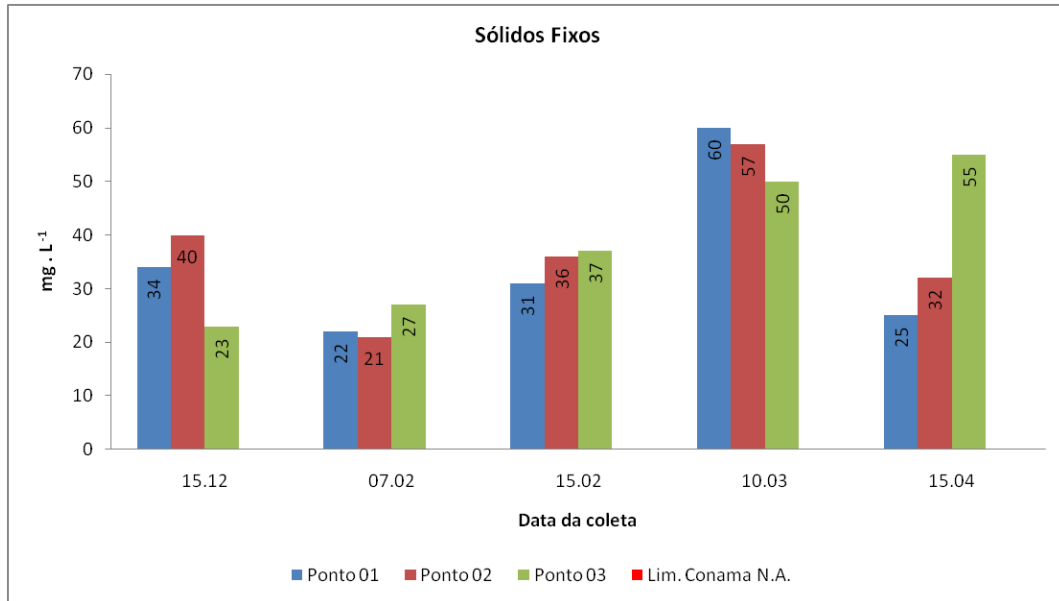


Figura 19 – Valores obtidos para o parâmetro Sólidos Fixos

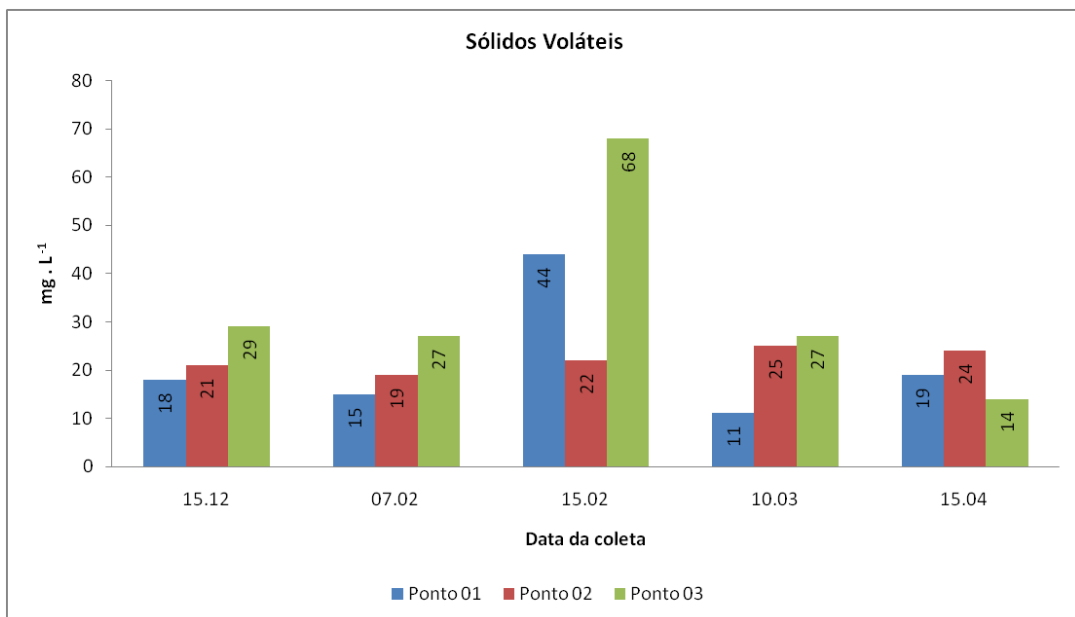


Figura 20 – Valores obtidos para o parâmetro Sólidos Voláteis

4.3 ANÁLISE DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

4.3.1 Coliformes termotolerantes e Coliformes totais

Segundo a Resolução Conama n° 357/05 (BRASIL, 2006), o limite de coliformes termotolerantes não deverá exceder 1000 NMP / 100 ml, em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano. Considerando o período de apenas seis meses para realização deste trabalho, e, diante da

proposta inicial em analisar estes indicadores, optou-se por realizar coletas mensais das amostras durante cinco meses, apenas no ponto 2 – baixada industrial - por este local apresentar maior quantidade de urbanização nas margens do rio.

Para verificação da contaminação exclusivamente fecal, deveriam ser efetuadas análises de *E. coli*, pois é um grupo de bactéria encontrada em grandes quantidades nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, raramente observada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal. Os demais microrganismos presentes na contaminação fecal podem ocorrer em águas com alto teor de matéria orgânica. Coliformes fecais não são, dessa forma, indicadores de contaminação fecal tão bons quanto a *E. coli*, mas seu uso é aceitável para avaliação da qualidade da água (CETESB, 2011). Dessa forma, a escolha do parâmetro coliformes termotolerantes ou fecais para este estudo, foi baseada na Resolução Conama nº 357/05 (BRASIL, 2006), não sendo analisado em conjunto com o parâmetro *E.coli*.

Na Figura 21, é apresentado o gráfico para o conjunto de dados obtidos de coliformes termotolerantes e coliformes totais. Neste caso, existiu a desconformidade com a Resolução Conama nº 357/05 (BRASIL, 2006) em todas as análises efetuadas. Conforme destacado anteriormente, sua presença nas águas indica a possibilidade de bactérias patogênicas que podem afetar a saúde humana e de animais.

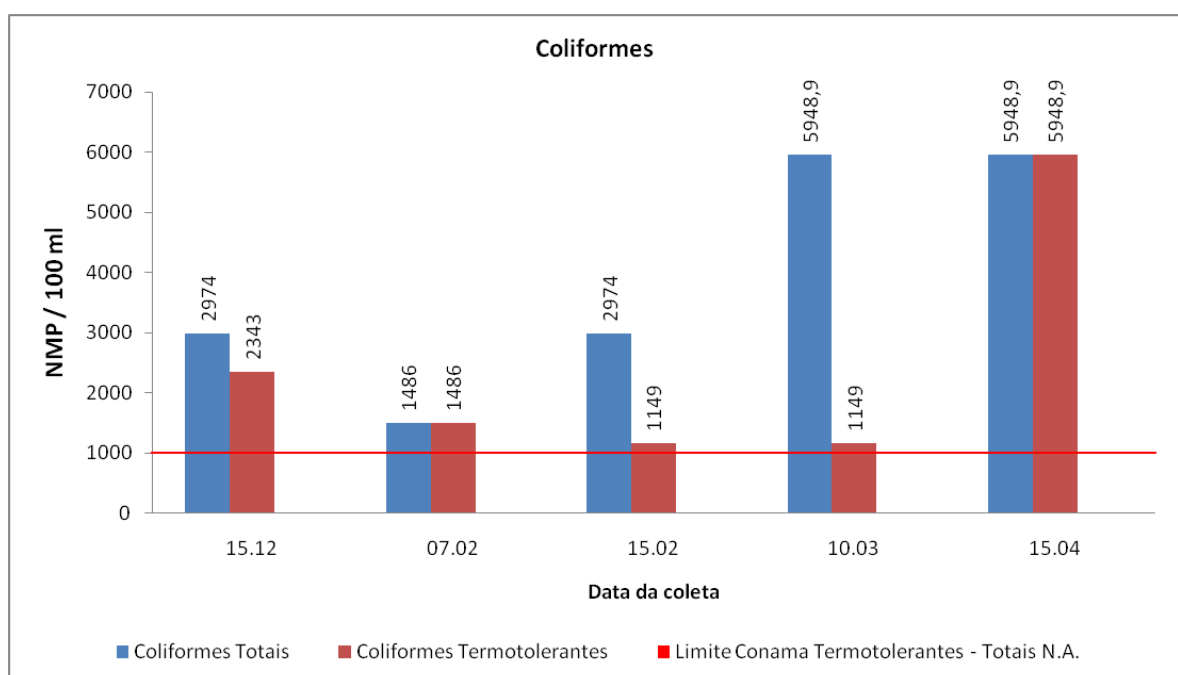


Figura 21 – Resultado obtido dos valores de Coliformes termotolerantes e Coliformes Totais

4.4 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA

O Índice de Qualidade de Água mais utilizado e reconhecido em todo o país é o elaborado pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (Cetesb). Este índice, utilizado nesta pesquisa, leva em consideração os seguintes indicadores: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20° C), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

As principais vantagens dos índices de qualidade de águas são a facilidade de comunicação com o público não técnico, o *status* maior do que os parâmetros individuais e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade. No entanto, sua principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais (CETESB, 2011).

A Tabela 4, apresenta os valores do IQA encontrados no ponto 2 de coleta durante os cinco meses de amostragens. De acordo com o quadro abaixo, o ponto analisado no período estudado, classificou a qualidade da água do rio Ligeiro com uma água boa, ou seja, apresenta a média de ponderação dos itens avaliados entre 52 e 79.

Tabela 4 – Valores do IQA calculado

DATA DA COLETA		15.12	07.02	15.02	10.03	15.04	
Parâmetros	Unidade	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Wi
OD	% saturação	40	40	40	40	40	0,17
Col. Fecais	NMP/100ml	15	19	19	19	13	0,15
pH	-	80	90	90	92	90	0,12
DBO	mg.L ⁻¹ O ₂	68	72	70	85	66	0,1
Nitrogênio Total	mg.L ⁻¹	100	100	100	100	100	0,1
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	100	100	100	100	100	0,1
Turbidez	NTU	74	76	80	70	72	0,08
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	85	86	88	86	88	0,08
Temperatura	° C	94	94	94	94	94	0,1
IQA		68	70	70	71	68	1,0

Fonte: Adaptado Cetesb (2011).

Entretanto, conforme mencionado anteriormente é importante fazer algumas considerações e discussões individuais dos parâmetros, com relação aos valores encontrados no IQA. Analisando quais indicadores ultrapassaram os limites

estabelecidos pela legislação, encontram-se coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido. Neste caso, todos os valores encontrados para estes parâmetros apresentaram-se fora do limite estipulado pela Resolução do Conama nº 357/05 (BRASIL, 2006) conforme discutido nos itens 4.2.3 e 4.3.1.

Diante disso o significado do termo qualidade da água pode ser questionado, pois a água classificada como boa para uma determinada condição, pode ser ruim para outra. Sob este ponto de vista, mesmo que a água analisada foi considerada boa em todas as análises relativas ao IQA, esta, por sua vez, apresentou quantidades significativas de bactérias patogênicas. Considerando ainda, que a qualidade da água de um rio de classe 2 permite a recreação em contato primário, estas águas não seriam adequadas para tal prática, e provavelmente não seriam enquadradas como águas boas diante deste parâmetro.

4.5 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Durante a realização do trabalho de campo, entre os diversos problemas encontrados, merece destaque a falta de conscientização ambiental da população, e principalmente, a falta de planejamento urbano, que acabou “sufocando” o rio em seu percurso, modificando seu traçado natural e conseqüentemente suas características.

Com a criação do plano diretor no ano de 2008 pelo município de Pato Branco, a política ambiental vem buscando promover a conservação, proteção, recuperação e o uso racional do meio ambiente, destacando a necessidade de recuperar a qualidade da água dos rios municipais, despoluindo-os e recuperando suas matas ciliares. Neste planejamento, encontra-se a despoluição do rio Ligeiro e seus afluentes, determinando prazos para o não lançamento de resíduos poluentes nos córregos que cruzam a cidade, bem como métodos para a despoluição do rio (PREFEITURA, 2010).

Desde então, uma das iniciativas tomadas, foi à canalização do rio na área central do município, nos locais onde ainda não estavam canalizados. As principais modificações estão ocorrendo na Bacia do Córrego Fundo (afluente do rio Ligeiro). Com o incentivo do governo federal, a prefeitura municipal iniciou as obras de canalização do rio Córrego Fundo em Fevereiro de 2011, com investimento aproximado de 3 milhões de reais. O término das obras está previsto para Agosto de

2011. A Figura 22 abaixo apresenta a situação atual de alguns pontos que estão sendo canalizados.

Além destas melhorias, segundo dados da Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal, entre os projetos e atividades que estão sendo desenvolvidos encontram-se a recuperação da mata ciliar, repovoamento com peixes os córregos e rios do município, o programa de coleta seletiva, manutenção e operação do aterro municipal e a educação ambiental nas escolas e comunidades (PREFEITURA, 2011).



Figura 22 – Pontos de canalização do Córrego Fundo a) e b) Obras de canalização iniciadas em Fevereiro 2011 c) Canalização antiga existente d) Obra de canalização efetuada em 2010
Fonte: Autor

Com a canalização do rio, a tendência é que o lançamento de lixo, entulhos e as ligações clandestinas de esgoto sejam minimizadas e / ou extintas, diminuindo assim o lançamento de despejos de esgoto doméstico, colaborando para o processo de despoluição do manancial. Entretanto, torna-se necessário um levantamento mais aprofundado para verificar também, a existência de fossas sépticas nas casas situadas as margens do rio.

Outro fato que pode ser observado, conforme apresentado nas Figuras 23 e 24, em alguns pontos onde a canalização é de forma aberta, a tubulação de algumas residências manteve-se direcionada para o rio, colocadas sobre as laterais construídas, e em certos pontos, concretadas junto à parede lateral. Provavelmente, estes encanamentos direcionam ao rio as águas pluviais de cada moradia, contudo, seria necessário um levantamento adequado destas suposições, para verificar melhor a situação.



Figura 23 – Obras de canalização a) Leito do rio em Outubro 2010 b) Mesmo ponto em Maio de 2011
Fonte: Autor



Figura 24 – Leito do rio Ligeiro em um ponto central
Fonte: Autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se inferir que no percurso estudado, com exceção do oxigênio dissolvido e de coliformes termotolerantes, todos os demais parâmetros avaliados, encontraram-se dentro do enquadramento exigido para este manancial, segundo a Resolução do Conama nº 357/05 (BRASIL, 2006). Na análise da qualidade da água, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA) da Cetesb, para todos os valores obtidos do ponto estudado, as águas apresentaram-se classificadas como boas.

A análise individual dos valores de oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes, extrapolaram ao valor máximo estabelecido para estes itens segundo o que é exigido para os rios de classe 2, sendo portanto, dentro deste parâmetro de referência, enquadrado como um rio de classe 3.

É importante salientar, que quando se trabalha com a análise individual de cada parâmetro, fica difícil estabelecer a interação que pode estar ocorrendo entre as variáveis escolhidas, sendo, portanto, necessária uma avaliação conjunta e até estatística destes dados para melhores questionamentos. Por exemplo, quando avaliamos a concentração de oxigênio dissolvido em um manancial, existem diversos fatores de ordem física, química e biológica que interferem neste parâmetro.

Dessa forma, acredita-se que para aumentar a discussão deste trabalho sobre os resultados obtidos, seria necessário disponibilizar uma quantidade maior de dados para que fossem evidenciadas estas questões. Prova disso, são os valores encontrados de oxigênio dissolvido abaixo do permitido pela legislação (5 mg.L^{-1}), e que também não é condizente com os valores mencionados pela literatura.

Um dos motivos prováveis, é que poderia estar ocorrendo o despejo de matéria orgânica no manancial, conseqüentemente, ocorrendo o processo de decomposição dessa matéria orgânica e o consumo de oxigênio dissolvido do meio. Entretanto, os valores de DBO encontrados ficaram abaixo de 5 mg.L^{-1} , levando a conclusão de que os valores de oxigênio dissolvido, para estas análises, não estão relacionados exclusivamente a este fator. Outro dado importante, é que os valores de oxigênio dissolvido e DBO encontrados no ponto da nascente, foram semelhantes aos valores encontrados no ponto final do rio, evidenciando que a baixa concentração de OD está presente em todo o percurso, e não é função

exclusiva da quantidade matéria orgânica presente no meio. Para poder realizar maiores discussões acerca do tema, seria interessante disponibilizar uma quantidade maior de dados e verificar a interferência de outros fatores como a temperatura, vazão do rio e a DQO, por exemplo.

Apesar da imagem negativa que os moradores da cidade possuem em relação ao rio, devido à grande quantidade de entulhos e lixo presente no mesmo, e considerando ainda, que o mesmo tem sido utilizado quase que exclusivamente para autodepuração de esgotos domésticos e industriais, a qualidade da água analisada nesta pesquisa apresentou-se boa se analisada em função do conjunto de dados calculados pelo Índice de Qualidade da Água (IQA). Entretanto, conforme discutido anteriormente, vale ressaltar que são águas impróprias para recreação, pois possuem quantidade significativa de microrganismos patogênicos.

Outra informação levantada durante a pesquisa, observando a Resolução do Conama nº 357/05 (BRASIL, 2006) para rios de classe 2, não é permitida a presença de materiais flutuantes e a presença de óleos e graxas, que devem ser virtualmente ausentes. Dessa forma, foram efetuadas as análises qualitativas para estes parâmetros, não sendo observado em nenhum local a presença de espuma ou óleo superficial, porém, foram encontrados diversos tipos de entulhos, como pneus, pedaços de pano, plástico, entre outros.

Finalmente, para que se possa realizar uma análise mais detalhada a respeito desta bacia, recomenda-se a realização de novas pesquisas e a continuidade deste trabalho, inclusive, buscando o apoio municipal e de órgãos fiscalizadores, promovendo ações preventivas e corretivas com relação aos problemas observados.

6 REFERÊNCIAS

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examinations for Water and Wasterwater**. Washington. 19a edição, 1995.

BRANCO, Samuel M. **Poluição: a morte de nossos rios**. Rio de Janeiro. Ed. Sedegra, 1972.157p.

BRASIL, CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resoluções do Conama. Resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e maio de 2006**. 1ª Ed. Brasília, DF, 2006.

CETESB, COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo – Série de relatórios**. Governo do estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. 2009. 43p.

CETESB, COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em <[http://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-\(iqa\)](http://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-(iqa))> Acesso em: 07/05/2011.

CLAAS, I C. **Lodos Ativados: princípios teóricos fundamentais, operações e controle**. Porto Alegre: Evangraf, 2007.

CPRH. **Índice de Qualidade das Águas – IQA**. Disponível em <<http://www.cprh.pe.gov.br/home/40025%3B55731%3B10%3BO%3BO.asp>>. Acesso em 13/05/2011.

GOOGLE Earth. Versão 5.0. Disponível em <<http://www.google.com/intl/pt-BR/earth/download/ge/agree.html>> Imagem obtida em Fevereiro de 2011.

IMHOFF, K; IMHOFF, K. **Manual de tratamento de águas residuárias**. 26ª ed. São Paulo, SP:Edgard Blücher Ltda, 1986. 301p.

IPPUPB, INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE PATO BRANCO. **Mapas de leituras técnicas ambientais**. Disponível em <<http://www.ippupb.org.br/>>. Acesso em: 03/10/2010.

JABUR, Andrea S. **Alterações hidrológicas decorrentes de mudança do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto rio Ligeiro, Pato Branco-PR**. 176 f. Tese de Doutorado. Dpto Engenharia Florestal, UFPR, Curitiba, 2010.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005. 444p.

MACHADO, William C. P. **Indicadores da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Pato Branco**. 315 f. Tese de Doutorado. Pós-graduação em Geologia. Dpto. de Geologia, UFPR, Curitiba, 2006.

MOTA, Suetônio. **Preservação e Conservação de Recursos Hídricos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 200p.

NIEWEGLOWSKI, Ana M. A. **Indicadores de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Toledo**. 218 f. Dissertação de tese de mestrado. Pós-graduação em Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba, 2006.

PARANÁ. INSTITUTO DAS ÁGUAS. **Portarias de enquadramento dos cursos d'água do Estado do Paraná**. Disponível em <http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=88> Acesso em 03/12/2010.

PARANÁ. SEMA. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Disponível em <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=88> Acesso em 03/02/2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO. **Prefeitura mapeia a questão do esgoto sobre o rio Ligeiro e afluentes**. Disponível em: <http://www.patobranco.pr.gov.br/noticias.aspx?id=164> Acesso em: 28/09/2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO. **Secretaria do Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.patobranco.pr.gov.br/secretarias8.aspx> Acesso em: 28/04/2011.

SUDERHSA, SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Legislação sobre recursos hídricos**. Disponível em <http://www.sudersha.pr.gov.br/modules/conteudo/php?conteudo=88>. Acesso em: 08/10/2010.

VON SPERLING, M. **Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª ed. Vol. 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.