

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

LUIZ FERNANDO CAMPOS LELIS

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
LIGEIRO NO PERÍMETRO URBANO DE PATO BRANCO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2016

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE AGRONOMIA**

LUIZ FERNANDO CAMPOS LELIS

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
LIGEIRO NO PERÍMETRO URBANO DE PATO BRANCO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2016

LUIZ FERNANDO CAMPOS LELIS

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
LIGEIRO NO PERÍMETRO URBANO DE PATO BRANCO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. William Cezar
Pollônio Machado

PATO BRANCO

2016

Campos Lelis, Luiz Fernando
Análise dos indicadores de qualidade da água do Rio Ligeiro no
perímetro urbano de Pato Branco - PR / Luiz Fernando Campos Lelis.
Pato Branco. UTFPR, 2016
81 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. William Cezar Pollônio Machado

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco,
2016.

Bibliografia: f. 74 – 78

1. Agronomia. 2. Índice de qualidade da água. I. Machado, William
Cezar Pollonio. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de
Agronomia. IV. Título.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ANÁLISE DOS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LIGEIRO NO PERÍMETRO URBANO DE PATO BRANCO - PR

por

LUIZ FERNANDO CAMPOS LELIS

Monografia apresentada às 17 horas 00 min. do dia 25 de agosto de 2016 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Edson Roberto da Silveira

UTFPR

Profa. Dra. Marlene de Lourdes Ferronato

UTFPR

Prof. Dr. William Cezar Pollônio Machado

UTFPR

Orientador

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Luiz Fernando e Rosenilce pelo esforço e dedicação em garantir a mim a possibilidade de estudar e aprender.

À minha noiva Samara pela compreensão de minha ausência para a execução deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade.

Ao meu orientador Prof. Dr. William Cezar Pollônio Machado por todo apoio e atenção na execução deste trabalho.

Ao Departamento de Ciências Agrárias da UTFPR – Pato Branco, nas pessoas de Prof. Dr. Marisa de Cacia Oliveira, Prof. Dr. Marta Helena D. da Silveira e Prof. Dr. Giovanni Benin pelo apoio e auxílio após meu retorno à Universidade.

Ao laboratório Laqua da UTFPR – Pato Branco, na pessoa de Roberta Roncatti, pela assistência.

“Antes de dar ordens à natureza, é necessário saber obedecê-la”.

Francis Bacon

RESUMO

CAMPOS LELIS, Luiz Fernando. Análise dos indicadores de qualidade da água do Rio Ligeiro no perímetro urbano de Pato Branco - PR. 81 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Os objetivos desta pesquisa foram os de estabelecer o Índice Qualidade da Água (IQA) do Rio Ligeiro em seu perímetro urbano do município de Pato Branco, e analisar os valores obtidos nas amostragens e verificar se os mesmos estão de acordo com as normas estabelecidas na Resolução CONAMA 357/05 (2005). As coletas foram realizadas de maneira simples e manual. Todas as amostras foram coletadas em recipiente de plástico e vidro, previamente limpo. As amostras foram preservadas em gelo. Todas as amostras foram coletadas respeitando-se um intervalo de no mínimo 3 dias sem chuva nos dias antecedentes à coleta. As variáveis analisadas em laboratório foram: Condutividade; pH; turbidez; cloretos; DQO; DBO; coliformes termotolerantes; oxigênio dissolvido; fósforo total; nitrato; sólidos totais; e Temperatura da água. Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva, com o objetivo de se estabelecer a média de cada parâmetro para todos os pontos de coleta e compará-los com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 (2005). Considerando-se os limites da resolução, apenas as variáveis de Coliformes Termotolerantes e Fósforo total se mostraram acima dos limites estabelecidos pelo Conselho, indicando que o Rio Ligeiro recebe efluentes sem o devido tratamento ao longo de seu curso. Com os resultados obtidos pela análise laboratorial, elaborou-se o cálculo do IQA para o Rio Ligeiro em seu perímetro urbano de Pato Branco. O IQA obtido foi de 54,62, considerado razoável.

Palavras-chave: Índice de Qualidade da água. Rio Ligeiro. Recursos hídricos.

ABSTRACT

CAMPOS LELIS, Luiz Fernando. Analysis of the water quality indicators on Ligeiro River in the urban area of Pato Branco - PR. 81 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2016.

The objectives of this research was to obtain the Water Quality Index (WQI) of the Ligeiro River on the urban perimeter of Pato Branco, and analyze the values obtained on the sampling and check if these values are according with the established norms of the CONAMA Resolution 357/05 (2005). The sampling was realized in a simple and manual way. All the samples was collected in a plastic and glass recipient, previously cleaned. The samples was manteined in ice, and all the samples was collected respecting a gap of at least 3 days without rain. The variables analyzed on the lab was: Eletric Conductivity; pH; tubidity; chlorides; COD; DBO; thermotolerant coliforms; dissolved oxygen; total phosphorus; nitrate; total solids, and Water temperature. The results were submitted to descriptive statistical analysis in order to establish the average of each parameter to all collection points and compare them to the limits established by CONAMA Resolution 357/05 (2005). Considering the limits of resolution, only the variables of thermotolerant coliforms and Total phosphorus were shown above the limits established by the Board, indicating that the Ligeiro River receives wastewater without proper treatment along its course. With the results obtained by laboratory analysis, was prepared the calculation of IQA for the Ligeiro River in its urban perimeter of Pato Branco. The obtained IQA was 54.62, considered medium.

Keywords: Water Quality Index. Ligeiro River. Water resources.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Corte transversal de uma região com três bacias hidrográficas (CARVALHO & SILVA, 2006).....	20
Figura 3 – Fórmula matemática para o cálculo do IQA (ANA, 2014).....	32
Figura 4 – Mapa da área urbana do município de Pato Branco com a localização geográfica dos pontos de onde serão coletadas as amostras (PUUPB, 2014).....	33
Figura 5 – Ponto 1 de amostragem.....	34
Figura 6 – Ponto 2 de amostragem.....	35
Figura 7 – Ponto 3 de amostragem.....	36
Figura 8 – Resultado dos valores obtidos o indicador condutividade elétrica.....	39
Figura 9 – Resultado dos valores obtidos para pH.....	41
Figura 10 – Resultado dos valores obtidos para turbidez.....	43
Figura 11 – Resultado dos valores obtidos para Cloretos.....	45
Figura 12 – Resultados dos valores obtidos para DQO.....	46
Figura 13 – Resultados dos valores obtidos para DBO.....	48
Figura 15 – Resultados dos valores obtidos para OD.....	52
Figura 16 – Resultados dos valores obtidos para Fósforo total.....	54
Figura 17 – Resultados dos valores obtidos para Nitrato.....	56
Figura 18 – Resultados dos valores obtidos para temperatura.....	57
Figura 19 – Resultados dos valores obtidos para Sólidos totais.....	59
Figura 20 – Fórmula matemática para cálculo do IQA.....	60
Figura 21 – Curva de OD.....	63
Figura 22 – Curva de Coliformes Termotolerantes.....	64
Figura 23 – Curva de pH.....	65
Figura 24 – Curva de DBO.....	66
Figura 25 – Curva de Nitrato total.....	67
Figura 26 – Curva para Fosfato Total.....	68
Figura 27 – Curva para Turbidez.....	69
70	
Figura 28 – Curva de Sólidos Totais.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das fontes de poluição (Tucci, 1998).....	22
(1) Significância local; (2) Significância local/regional; (3) Significância regional; (G) Significância global.....	22
Figura 2 – Escala internacional de pH (PINTO, 2004).....	24
Tabela 2 – Parâmetros de avaliação do IQA e seus respectivos valores em peso (ANA, 2014).....	31
Tabela 3 – Avaliação da qualidade da água de acordo com o valor de IQA para os diferentes estados brasileiros (ANA, 2014).....	31
Tabela 4 – Parâmetros estatísticos para Condutividade elétrica.....	37
Tabela 5 – Parâmetros estatísticos para pH.....	39
Tabela 6 – Parâmetros estatísticos para Turbidez.....	41
Tabela 7 – Parâmetros estatísticos para Cloretos.....	43
Tabela 8 – Parâmetros estatísticos para DQO5.....	44
Tabela 9 – Parâmetros estatísticos para DBO.....	46
Tabela 10 – Parâmetros estatísticos para coliformes termotolerantes.....	48
Figura 14 – Resultados dos valores obtidos para coliformes termotolerantes.....	49
Tabela 11 – Parâmetros estatísticos para OD.....	50
Tabela 12 – Parâmetros estatísticos para fósforo total.....	52
Tabela 13 – Parâmetros estatísticos para Nitrato.....	54
Tabela 14 – Parâmetros estatísticos para temperatura.....	55
Tabela 15 – Datas das coletas.....	57
Tabela 16 – Parâmetros estatísticos para Sólidos Totais.....	57
Tabela 17 – Valores de w_i determinados para o cálculo do IQA.....	60
Tabela 18 – Avaliação da qualidade da água de acordo com o valor de IQA (ANA, 2014).....	70
Tabela 19 – Valores de IQA para cada ponto analisado, e IQA para o município de Pato Branco como um todo.....	70
Tabela 20 – Médias obtidas para os indicadores nos pontos analisados, e valores limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 (2005).....	71

LISTA DE SIGLAS

SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
PR	Unidade da Federação – Paraná
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ANA	Agência Nacional das Águas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

pH	Potencial hidrogeniônico
0,00	Demanda química de oxigênio
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
0,00	Oxigênio Dissolvido
BHC	Hexabenzeno de cloro
NTU	Nephelometric Turbidity Unity
IQA	Índice de Qualidade da Água
qi	Qualidade do i-ésimo parâmetro
wi	Peso relativo do i-ésimo parâmetro
CT	Coliformes Termotolerantes
Tu	Turbidez

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	18
3.2 POLUIÇÃO E DEGRADAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS.....	20
3.3 INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL.....	22
3.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....	30
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	32
4.2 MÉTODOS DE COLETA.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 Resultados dos parâmetros considerados.....	37
5.2 Fórmula matemática para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA).....	59
5.3 IQA para o Rio Ligeiro.....	69
6 CONCLUSÕES.....	72
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
Referências.....	75

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem de domínio público, devendo ser, a gestão de seus recursos, responsabilidade do poder público, dos usuários e da comunidade em geral. Pois de acordo com o art. 225 da Constituição Federal (1988): “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

De acordo com Tucci (2004), controlar a poluição difusa que provém das áreas rurais e urbanas é um dos maiores desafios ambientais existentes.

Rios que cortam cidades, normalmente estão submetidos a ações humanas, que causam impacto não só nos aspectos quantitativos como também em características qualitativas. Estes efeitos causam, principalmente, empobrecimento da qualidade da água e diminuição da biota aquática (CUNHA et al. 2011).

Em vários locais pelo Brasil afora é fácil encontrar rios e bacias hidrográficas inteiras que sofrem com a poluição devido ao crescimento populacional em seu entorno, gerando, entre outros problemas, inundações. O desmatamento, ocupação inadequada do solo e construção de condutas de escoamento pluvial de forma rotineira, sem condições técnicas adequadas, geram um incremento da magnitude e frequência de inundações em uma determinada área (FARIA & PEDROSA, 2005).

Esta ocupação desequilibrada acarreta problemas ambientais e sociais para a população presente e futura, geralmente causados pela poluição através de depósito de resíduos orgânicos e inorgânicos provenientes de esgotos domésticos e industriais. Para este tipo de problema é necessário que se tenha um projeto ambiental adequado para o município ou região em questão, com o objetivo de evitar o depósito de esgoto sem tratamento diretamente nos rios e bacias. Como afirma Moura et al. (2013), o aumento populacional associado à ocupação irregular e desordenada, causam o surgimento de conflitos e problemas de ordem ambiental, como por exemplo: enchentes; poluição das águas através de esgotos ou pela deposição de resíduos de forma descontrolada; aumento do risco de degradação de áreas de abastecimento de água e alimentos.

Sabe-se que a preservação da vegetação ripária e das margens de inundação dos rios é de fundamental importância, pois ambos equilibram o ambiente fluvial, regulam a qualidade da água e a quantidade de sedimentos transportados pelo escoamento superficial, além de evitar o processo de assoreamento dos corpos hídricos (JABUR, 2010).

No município de Pato Branco, o Rio Ligeiro já foi a principal fonte de abastecimento para a cidade, porém, segundo Jabur (2010), atualmente o rio passa por problemas ambientais gerados pela falta de planejamento e pelo manejo inadequado da bacia hidrográfica, obrigando o município a captar água de outro manancial, o Rio Pato Branco. Porém, a distância do local captação mostra que a cidade não possui um planejamento ambiental adequado.

O Rio Ligeiro está inserido na bacia hidrográfica do Rio Chopim, um dos afluentes da bacia do rio Iguaçu (JABUR & RIZZI, 2008). Sua vegetação ripária não recebeu a devida atenção ao longo dos anos, tendo sido desmatada devido ao crescimento urbano e populacional de maneira descontrolada, associada a construções habitacionais e comerciais próximas as margens do rio. Com isso houve um aumento na quantidade de resíduos e poluentes despejados diretamente nas águas, ocasionando inundações durante períodos de altas precipitações, o que levou a opção de canalizar o rio e passá-lo pela cidade de maneira subterrânea.

Desta forma, faz-se necessário um estudo a fim de complementar o conhecimento a respeito das águas do rio Ligeiro. Assim, este trabalho propõe um modelo de estudo voltado para análises e observações dos indicadores de qualidade da água como: Condutividade elétrica, pH, Turbidez, Cloretos, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total, Nitrato, Sólidos Totais e Temperatura da água. Estas análises servirão para representar a atual situação da qualidade da água bem como sua capacidade de uso tanto para a população urbana quanto para comunidades e produtores rurais, que recebem o rio em suas propriedades após este passar pela cidade. Pois, segundo Machado (2006), há a necessidade de fortalecer o conhecimento a respeito das bacias hidrográficas em geral, considerando seu uso atual e sua capacidade máxima de uso. Para isto, deve-se observar todas as

atividades existentes na área de contribuição, de modo a contemplar um controle em termos de qualidade da água.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar e interpretar amostras de água coletadas do Rio Ligeiro, dentro do perímetro urbano do município de Pato Branco, de acordo com os indicadores ambientais de qualidade pressupostos neste trabalho.

2.2 ESPECÍFICOS

- 1) Avaliar os indicadores químicos e físicos das amostras coletadas;
- 2) Definir em qual classe de águas da Resolução CONAMA 357/05 (2005) o Rio Ligeiro se enquadra.
- 3) Determinar o Índice de Qualidade da água do Rio Ligeiro em seu perímetro urbano de Pato Branco;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

De acordo com Faria (2014), bacias hidrográficas consistem em uma área na qual o escoamento superficial, associado a drenagem das águas, converge de vários pontos para um único ponto principal, ou seja, um rio ou seus afluentes, devido à características geográficas e topográficas. Segundo Cardoso (2006), este ponto principal para a qual as águas são levadas, é chamado de exutório.

Lima e Zakia (2000) definem bacias hidrográficas como sistemas abertos que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio. Os autores afirmam, ainda, que as bacias tem a capacidade de encontrar um equilíbrio dinâmico mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, ou seja, qualquer modificação no recebimento ou liberação de energia fará com que a bacia encontre formas naturais para minimizar o efeito da modificação e restaurar o equilíbrio.

Barella (2001) complementa essas definições afirmando que as bacias hidrográficas são formadas por águas superficiais das partes mais altas de um terreno escoam para as áreas mais baixas, formando riachos que seguem descendo e encontrando-se com outros riachos aumentando seu volume e formando os primeiros rios. Estes pequenos rios, então, continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários até se transformarem em rios maiores.

As bacias hidrográficas separam-se uma das outras através dos chamados divisores de água, que se separam em: divisor superficial, ou topográfico; e divisor freático, ou subterrâneo. O divisor subterrâneo é mais difícil de ser encontrado e só é utilizado em estudos mais complexos de hidrologia subterrânea. Além disso, com o tempo, este divisor pode mudar sua localização, pois a medida que o lençol freático sobe, ele tende ao divisor superficial. Portanto na prática, assume-se, por facilidade, que o divisor superficial também é o subterrâneo (CARVALHO & SILVA, 2006). A figura 1 ilustra um corte transversal em uma região com três bacias hidrográficas.

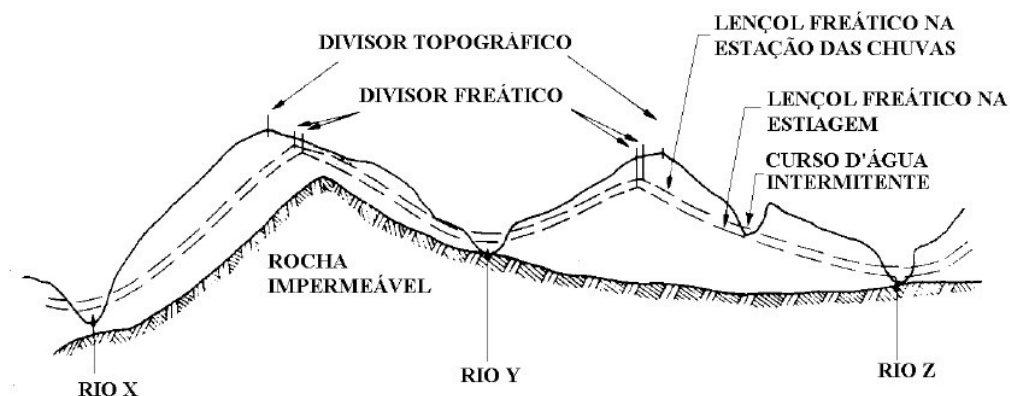


Figura 1 – Corte transversal de uma região com três bacias hidrográficas (CARVALHO & SILVA, 2006).

Entre os divisores de água existem os sistemas de drenagem, que segundo Carvalho & Silva (2006), é constituído pelo rio principal e suas ramificações. Além disso, os autores afirmam que o padrão de drenagem de uma bacia depende de vários fatores como: tipo de solo, topografia, estrutura geológica e clima; lembrando que este padrão também influencia no comportamento hidrológico da bacia em questão.

Uma das principais atenções que se deve ter com as bacias hidrográficas e rios que as compõe é a preservação da vegetação ripária, pois esta protege os rios de várias maneiras: Através das copas das árvores contra a incidência direta dos raios solares, resultando na manutenção da temperatura da água; pela ação mecânica das raízes protegendo contra erosão e desbarrancamento das margens; pela filtragem de sedimentos inorgânicos transportados pelo escoamento superficial; além da prevenção contra a entrada excessiva de fragmentos orgânicos na água, evitando a contaminação por eventuais patógenos (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SP, 2014).

Odum (1988), afirmou que as possíveis modificações na qualidade da água de um determinado rio ou bacia hidrográfica devem ser respondidas pelo uso e ocupação da bacia ou rio em questão.

3.2 POLUIÇÃO E DEGRADAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS

De acordo com Pereira (2004), nas últimas décadas os ecossistemas aquáticos vem sofrendo alterações em sua qualidade, fator este, desencadeado pela complexidade dos usos múltiplos da água pelas atividades antrópicas, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais, acarretando na diminuição tanto na qualidade quanto na quantidade de água disponível. Ainda segundo o mesmo autor, esta contaminação pode ter origem química, física ou biológica.

Segundo Cerqueira (2014), os prejuízos deste processo são imensos, pois não só comprometem a qualidade da água como também causa a morte de espécies aquáticas e geram a proliferação de doenças como meningite, cólera, hepatite A e B, entre outras. O autor cita ainda outros prejuízos como: mal cheiro, concentração de mosquitos e eutrofização.

As principais fontes de poluição são divididas em: física, química ou biológica. De acordo com Muller (2014), os fatores físicos que causam contaminação dos corpos hídricos são variados, como: Partículas em suspensão que causam a turbidez das águas impedindo a entrada de raios solares, o que restringe o desenvolvimento e atividade fotossintética das algas e, em casos extremos, peixes podem morrer asfixiados por obstrução das brânquias; elevação da temperatura da água através do lançamento de água aquecida por refinarias, siderúrgicas ou termoelétricas, que causam uma diminuição dos níveis de oxigênio na água devido a temperatura elevada.

Segundo Alves (2014), as principais fontes de contaminantes são através de: Ausência de tratamento de esgotos domésticos e industriais que, devido ao alto custo, é pouco utilizado no Brasil; fertilizantes agrícolas e agrotóxicos que chegam aos rios através do escoamento das águas das chuvas podendo causar contaminação por elementos tóxicos; materiais orgânicos sintéticos como plásticos, detergentes, solventes, inseticidas, entre outros; lançamentos industriais de compostos inorgânicos como ácidos, bases ou sais; ou até mesmo devido a acidentes envolvendo cargas químicas como combustíveis ou outros produtos.

Benetti & Bidone (1995), afirmam que os poluentes provenientes de esgoto doméstico normalmente são constituídos por matéria orgânica biodegradável,

composta por microorganismos, nutrientes, óleos, detergentes, entre outros. Ainda dentro desta perspectiva,

A contaminação da água por poluentes biológicos consiste na introdução ou aumento da população já existente de determinados organismos ou microorganismos estranhos àquela ecossistema (SANTIAGO, 2014).

Pereira (2004) define como sendo os principais contaminantes biológicos dos sistemas hídricos: Bactérias, que podem provocar doenças como leptospirose, cólera e salmonelose; vírus causadores de hepatites; protozoários responsáveis pelas amebiasises; e vermes, que podem causar doenças como esquistossomose.

Tucci (1998) afirma que, todas estas fontes (físicas, químicas e biológicas), que são as principais formas de poluição dos corpos hídricos, ocorrem das seguintes maneiras: Pontuais, difusas e mistas.

A poluição pontual refere-se àquela onde os elementos contaminantes são lançados em um ponto específico do rio, de forma individualizada, como, por exemplo, indústrias e estações de tratamento de esgotos; já a poluição difusa é definida como quando os contaminantes atingem os corpos hídricos de forma aleatória, como por exemplo: Escoamento pluvial sobre campos agrícolas, drenagens urbanas, e acidentes com produtos químicos ou combustíveis. Desta forma não se torna possível mensurar um padrão relevante em termos de quantidade, composição ou frequência de lançamento dos poluentes (PEREIRA, 2004). A tabela 1 apresenta as características de cada fonte de poluição possível.

Tabela 1 – Características das fontes de poluição (Tucci, 1998)

Fontes	Bactéria	Nutrientes	Pesticidas/ Herbicidas	Micropoluentes Orgânicos Industriais	Óleos e graxa
Fontes Pontuais					
Esgoto doméstico	3	3	1	3	
Esgoto industrial		1		3-G	2

Fontes Difusas					
Agrícolas	2	3	3-G		
Dragagem		1	2	3	1
Navegação e portos	1	1		1	3
Fontes mistas					
Escoamento Urbano e depósitos de lixo	2	2	2	2	2
Depósitos de cargas industriais		1	1	3	1

(1) Significância local; (2) significância local/regional; (3) significância regional; (G) significância global

3.3 INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL

De acordo com a CETESB (2014), os índices e indicadores ambientais de qualidade surgiram graças a uma crescente preocupação social com relação aos aspectos ambientais, alterados constantemente devido ao desenvolvimento populacional. Porém, a companhia paulista afirma ainda que os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos, buscando tratar um número cada vez maior de informações de forma sistemática e acessível, facilitando as tomadas de decisões.

Ainda segundo a CETESB (2014), estes índices e indicadores de qualidade ambiental das águas apresenta diversas vantagens, sendo a principal delas, a facilidade em transmitir o conhecimento de maneira simples e rápida ao público leigo.

3.3.1 Condutividade

De acordo com Villas & Banderali (2014), de maneira simples, a condutividade elétrica dos corpos hídricos representa a facilidade ou dificuldade de uma corrente elétrica em se propagar através da água. De acordo com os autores, ela é medida em unidades de miliSiemens por centímetro quadrado (mS/cm^2) ou microSiemens por centímetro quadrado (uS/cm^2), sendo que compostos orgânicos e inorgânicos interferem diretamente na condutividade de acordo com a sua concentração na amostra podendo contribuir, ou não, para uma maior condutividade. A temperatura também é um fator bastante influente na medição correta da condutividade elétrica. Ainda segundo os autores, óleos, graxas, álcool, fenóis e outros demais materiais orgânicos, não possuem capacidade de conduzir eletricidade. Desta forma, quando se apresentam dissolvidos na água, a condutividade elétrica é severamente reduzida.

A presença de íons variam a capacidade da água de conduzir corrente elétrica, sendo, em geral, a maior concentração de íons na água natural, correspondente à maior condutividade. Além disso, é possível utilizar o parâmetro da condutividade elétrica para obter uma noção da quantidade de sais na água, pois este fator está diretamente ligado a quantidade de sólidos dissolvidos totais (MACHADO, 2006)

Segundo Pinto (2004), a condutividade elétrica depende expressivamente da temperatura, devido a isso, os dados de condutividade elétrica devem estar sempre acompanhados pelo valor de temperatura sob a qual foi medida. Estas temperaturas devem ser, para propósitos comparativos, de 20 °C ou 25 °C.

3.3.2 pH

Alves (2014), define o Potencial Hidrogeniônico (pH), como sendo um índice que determina a concentração de íons de Hidrogênio (H^+) presentes em uma determinada substância ou solução, indicando acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer. Ainda segundo a autora, os valores variam de 0 a 14 e podem

ser medidos através de um aparelho chamado Phmetro ou com o uso de indicadores, porém estes são menos precisos. A figura 2 representa a escala internacional utilizada para pH.

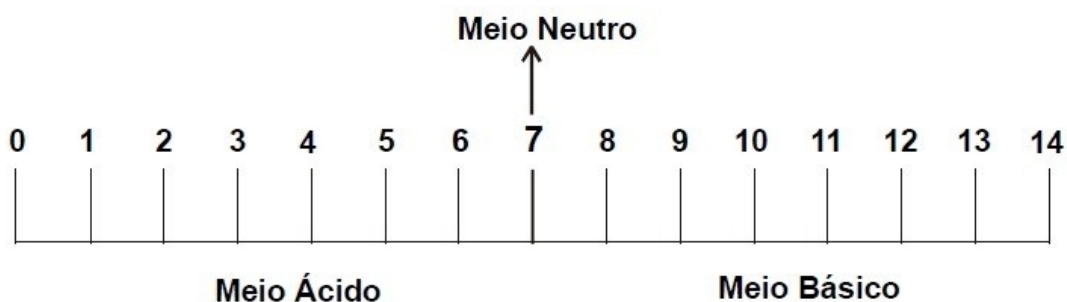


Figura 2 – Escala internacional de pH (PINTO, 2004).

De acordo com Oliveira (2007), o pH de uma solução é fortemente dependente da temperatura, pois segundo o princípio de Le Châtelier, quando se alteram as condições de uma reação que se encontra em equilíbrio, esta evoluirá no sentido de contrariar estas alterações. Desta forma, deve-se sempre registrar os valores de temperatura quando for realizado uma medição de pH, pois só assim as amostras poderão ser comparadas umas com as outras.

3.3.3 Turbidez

Para Machado (2006), em termos práticos, a turbidez é a redução da transparência das águas, causada pela presença de matéria em suspensão. Esta matéria reflete a luz e dificulta a passagem pela solução.

Silva (2014), diz que a turbidez representa a propriedade óptica de absorção e reflexão da luz, sendo um importante parâmetro das condições ambientais da água. O autor afirma ainda, que a turbidez é causada por partículas sólidas em suspensão na água e impedem a propagação da luz, porém, não se pode definir turbidez como sendo apenas sujeira na água, porque os fatores que interferem na absorção e reflexão de luz são numerosos. O autor finaliza informando que a unidade de medição da turbidez é o NTU.

De acordo com Muller (2014), um dos principais efeitos da turbidez elevada é a “barreira” que as partículas em suspensão formam na água impedindo a entrada dos raios solares, o que causa uma diminuição da atividade fotossintética das algas, reduzindo, conseqüentemente, os níveis de oxigênio na água.

Segundo a CETESB (2014), a erosão das margens dos rios em estações chuvosas, associada ao mau uso do solo, são um dos principais intensificadores da turbidez das águas. Isto acarreta em manobras operacionais por parte das estações de tratamento de água, que diminuem as dosagens de coagulantes auxiliares por exemplo. Ainda segundo a companhia paulista de saneamento ambiental, os efluentes industriais e esgotos domésticos, quando lançados sem tratamento adequado, também contribuem para a elevação da turbidez.

3.3.4 Cloretos

O cloreto é o anion $\text{Cl}^{-}(\text{aq})$ que, além de se apresentar nas águas subterrâneas através da percolação da água através de solos e rochas, também é encontrada nas águas superficiais, sendo os esgotos sanitários a sua principal fonte. Estima-se que uma pessoa expele cerca de 4g de cloretos por dia através da urina, fazendo com que águas de esgoto sem tratamento apresentem níveis de que ultrapassam 15mg/L. Os níveis de cloreto na água podem servir como base para se determinar o lançamento direto no rio de esgoto sem tratamento (CETESB, 2014).

Altos valores de cloretos são encontrados em dejetos humanos e de animais, pois o cloreto de sódio é um elemento comum nas dietas de ambos, além de que o mesmo passa inalterado pelo sistema digestivo. Uma maneira de se detectar a poluição de águas pelo elemento Cl^{-} é analisar se há presença de concentrações anormais de cloreto e material nitrogenado quando a água chega às estações de abastecimento urbano. De acordo com o ministério da saúde, portaria nº. 36/6M de 1990, o teor máximo de cloretos permitidos em águas de abastecimento, é de 250 mg Cl^{-} /L. (UNESP, 2014).

3.3.5 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Demanda Química de Oxigênio consiste em uma variável que determina o nível do oxigênio existente nos rios e demais ambientes aquáticos. Porém, a oxidação da matéria orgânica se dá através de um agente oxidante químico que oxida tanto matéria orgânica quanto inorgânica (MACHADO, 2006).

A CETESB (2014), define a DQO como a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO geralmente são maiores que os de DBO_{5,20}. Em meios naturais, os principais causadores do aumento da concentração de DQO nos corpos hídricos são os despejos de origem industrial que não recebem o devido tratamento. Porém, a CONAMA (2005), em sua Resolução de nº 357/05 não faz referência nenhuma a respeito da quantidade máxima permitida para esta variável

Sabe-se que o aumento na quantidade de esgoto sem tratamento lançados diretamente no rio gera um aumento da concentração de cloretos. Desta forma, o aumento da concentração de cloretos podem contribuir para um aumento da DQO (FENZL, 1988).

3.3.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO refere-se exclusivamente à matéria orgânica mineralizada por atividade dos micro-organismos. De acordo com Valente (1997), DBO é um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração. A DBO é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante de 20 graus Celsius e durante um período de incubação também fixo, 5 dias. O esgoto é considerado biodegradável quando a relação DQO/DBO é menor 5.

3.3.7 Coliformes termotolerantes

Os coliformes termotolerantes são coliformes presentes em animais de sangue quente, como aves e mamíferos, e suportam temperaturas superiores a 40 °C. Estes coliformes convivem em simbiose com seres humanos e outros animais como bovinos, suínos e animais domésticos, e são excretados em grande quantidade através das fezes. Geralmente não são causadores de doenças quando estão no trato digestivo. Um exemplo de coliforme fecal é a bactéria gram-negativa *Escherichia coli*, mais conhecida como *E. coli*, que pode causar doenças em seres humanos quando ingerida através de alimentos ou água contaminada com dejetos (ARAUJO, 2014).

A quantidade de coliformes fecais pode ser utilizada como indicador de contaminação da água, pois se estes microorganismos forem encontrados em amostras de água, significa que houve uma descarga de origem fecal nesta mesma água, podendo ser desde simples descargas ilegais até esgotos de grandes comunidades. Desta forma, provavelmente nesta água existem vários tipos e espécies de microorganismos de origem fecal prejudiciais a saúde (CALÇARÃO, 2010).

Segundo Ratti (2011), a água potável deve ser totalmente isenta de microorganismos patogênicos que indiquem contaminação fecal, sendo a bactéria *E. coli* sua principal representante.

3.3.8 Oxigênio dissolvido

A CETESB (2014) define oxigênio dissolvido na água como um fator limitante para a vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas naturais e centros de tratamento de esgotos. A companhia afirma ainda que, as bactérias presentes na água, durante seus processos respiratórios, utilizam o oxigênio dissolvido para realizar a degradação da matéria orgânica, podendo causar uma redução da concentração na água.

Para Machado (2006), a concentração e disponibilidade deste oxigênio é proveniente do gás oxigênio disponível na atmosfera, que se transfere para o meio líquido dependendo das condições de temperatura e pressão.

O oxigênio dissolvido é importante para o meio ambiente por se o responsável por oxidar o material orgânico lançado nos rios a partir de esgotos, além de promover a respiração branquial dos peixes. A quantidade de Oxigênio Dissolvido necessária para oxidar este material orgânico é chamada de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Se a DBO for elevada, será necessário altas taxas de OD para oxidar os elementos orgânicos, o que irá gerar uma queda na disponibilidade de OD para os animais aquáticos. Além disso, a ausência de OD na água abre caminho para a proliferação de bactérias anaeróbicas, que decompõem o material orgânico em compostos mal cheirosos, como aminas e amonias (ALVES, 2012).

3.3.9 Fósforo Total

Fósforo total em águas de rios pode ser de origem natural, proveniente de carreamento de solo, decomposição de matéria orgânica, chuva e ainda da dissolução de rochas como a apatita. Ou então pode ser proveniente de atividades humanas como uso de fertilizantes químicos de solo, agrotóxicos e efluentes de origem industrial e de esgotos na forma de detergentes superfosfatados e matéria fecal (MACHADO, 2006).

Geralmente, no Brasil, os esgotos sanitários apresentam concentração de fósforo total na faixa de 6 a 10 mg/L, não exercendo efeito limitante sobre os tratamentos biológicos. Pelo motivo de ser um nutriente que promove processos biológicos e crescimento de algas, o excesso de fósforo em águas de esgotos industriais e domésticos podem dar origem ao processo de eutrofização das águas naturais dos rios (CETESB, 2014).

3.3.10 Nitrato

As emissões de compostos que contem o gás Azoto, chamados compostos azotoados, para a atmosfera contribuem para o aumento da concentração de nitratos em ambientes aquáticos afetando negativamente o ecossistema desses ambientes. Ou seja, torna o nitrato um poluente de águas que poderiam servir, inclusive, para o consumo humano. Os nitratos são formados em locais onde resíduos ricos em azoto são decompostos biologicamente em condições aeróbicas, sendo águas arejadas um ótimo ambiente (WHO, 2004).

Segundo Vale (2014), uma maneira geral, considera-se que as principais fontes de contaminação de água por nitratos são os resíduos industriais e domésticos, poluição atmosférica por compostos azotoados, e produção agrícola intensiva.

O efeito tóxico dos nitratos é atribuído principalmente à sua redução para nitrito, pois, em seres humanos, o nitrito está envolvido na oxidação da Hemoglobina (Hb) em Metahemoglobina (metHb). Desta forma, concentrações muito elevadas de nitrato podem causar meta-hemoglobinemia severa desde recém-nascidos até adultos (VALE, 2014).

Who (2004) afirma que entre as doenças mais comuns relacionadas com a ingestão de nitratos na água, em excesso, destaca-se a meta-hemoglobinemia e a neoplasia gástrica.

3.3.11 Temperatura

A temperatura expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam, em geral, temperaturas na faixa de 20°C a 30°C. Entretanto, em regiões mais frias, como no sul do país, a temperatura da água em períodos de inverno pode baixar a valores entre 5°C e 15°C, atingindo, em alguns casos, até o ponto de congelamento. Em

relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso. Águas subterrâneas captadas a grandes profundidades frequentemente necessitam de unidades de resfriamento, a fim de adequá-las ao abastecimento.

3.3.12 Sólidos Totais

A presença de sólidos na água é comentada neste tópico relativo aos parâmetros físicos, muito embora os sólidos possam, também, estar associados a características químicas ou biológicas. Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos). A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos).

3.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2014), o IQA foi começado a ser utilizado no Brasil a partir de 1975 pela CETESB, e hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país. Seu desenvolvimento foi com o objetivo de se avaliar a qualidade da água para o abastecimento populacional, após os devidos tratamentos. O IQA é composto por nove parâmetros cujos valores de peso (w) são pré-determinados de acordo com a importância para o cálculo, podendo ser alterados entre si se o avaliador assim desejar. A soma de todos os pesos (w) deve totalizar 100. Para este trabalho, optou-se utilizar os valores pré-determinados, como mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de avaliação do IQA e seus respectivos valores em peso (ANA, 2014).

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,12
DBO	0,10

Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

O cálculo do IQA é realizado, então, utilizando-se os nove parâmetros pela fórmula demonstrada na Figura 3.

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

Figura 3 – Fórmula matemática para o cálculo do IQA (ANA, 2014).

Após o cálculo do IQA, os resultados devem ser avaliados conforme a Tabela 3, que varia de acordo com o estado.

Tabela 3 – Avaliação da qualidade da água de acordo com o valor de IQA para os diferentes estados brasileiros (ANA, 2014).

Faixas de IQA utilizadas em: AL, MG, MT, PR, RJ, RN e RS	Faixas de IQA utilizadas em: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE e SP	Avaliação da qualidade da água
91 – 100	80 – 100	Ótima
71 – 90	52 – 79	Boa
51 – 70	37 – 51	Razoável
26 – 50	20 – 36	Ruim
0 – 25	0 – 19	Péssima

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O estudo será realizado utilizando-se as águas do Rio Ligeiro, localizado no município de Pato Branco, região do Terceiro Planalto Paranaense. Serão realizadas amostragens em 3 pontos do rio, dentro do perímetro municipal de Pato Branco, nas coordenadas de: $26^{\circ}15'10.45''\text{S}$ e $52^{\circ}42'7.73''\text{O}$ no ponto 1; $26^{\circ}12'41.98''\text{S}$ e $52^{\circ}40'30.94''\text{O}$ no ponto 2; e $26^{\circ}10'32.58''\text{S}$ e $52^{\circ}41'3.96''\text{O}$. A altitude dos pontos serão de, respectivamente, 803m, 739m e 724m. A figura 4 representa estes pontos.

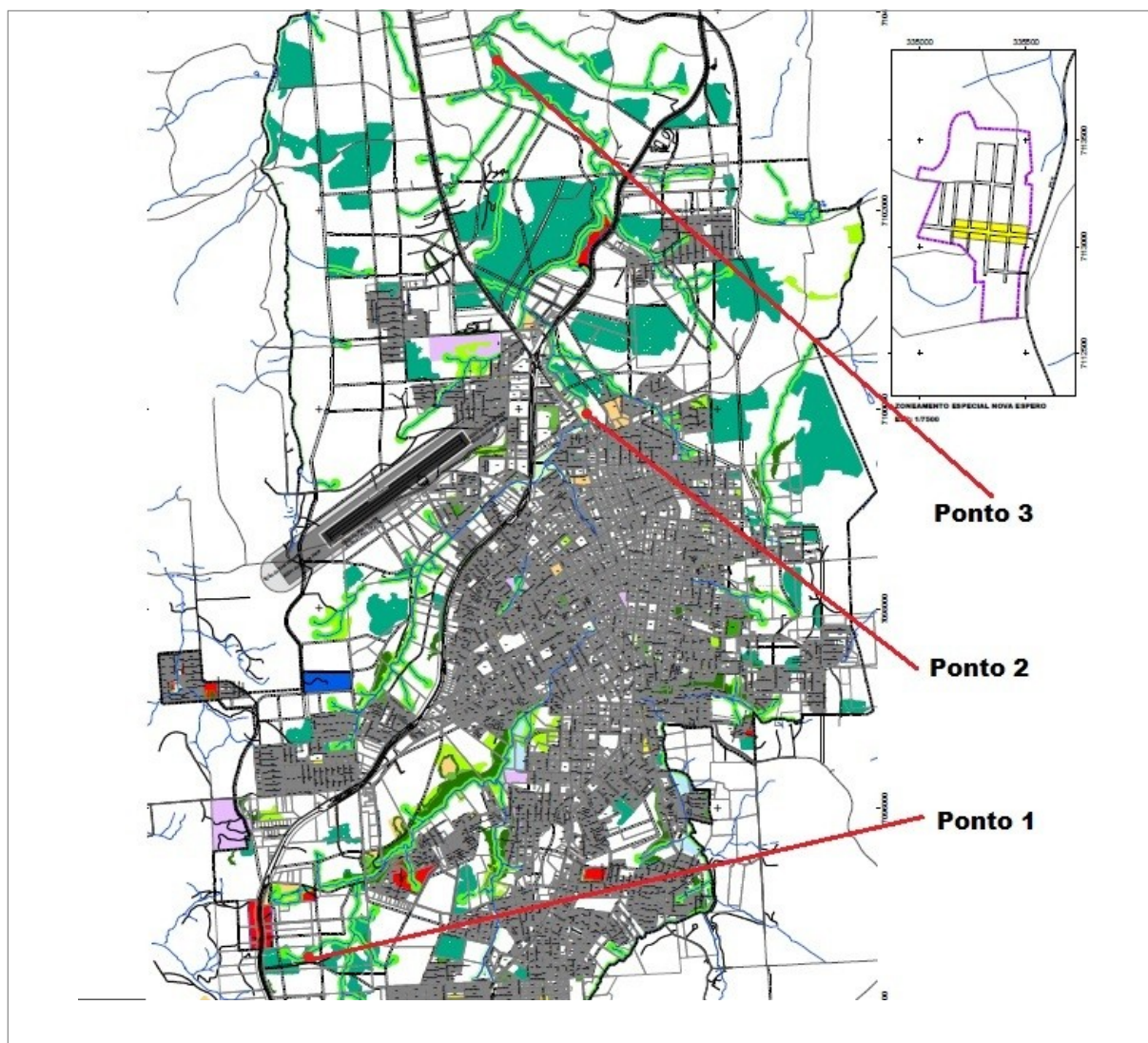


Figura 4 – Mapa da área urbana do município de Pato Branco com a localização geográfica dos pontos de onde serão coletadas as amostras (PUUPB, 2014).

Inserido no bioma da Mata Atlântica segundo o IBGE (2014), com destaque para as matas de Araucária, o município conta com um solo predominantemente Latossólico, e está localizado na região de clima Cfa, segundo a classificação climática de Koeppen (1948), descrito como clima subtropical, com verão quente. As temperaturas são superiores a 22°C no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco. De acordo com dados do IAPAR (2014), o regime anual de chuvas varia de 2000 a 2500mm por ano.

O ponto 1 está localizado próximo a nascente do Rio Ligeiro, onde não há interferência humana significativa, ou seja, o rio não conta com nenhum despejo irregular de origem humana ou industrial. O ponto 1 está localizado próximo ao bairro São Roque. A Figura 5 mostra o ponto 1 das amostragens, com forte presença de vegetação.



Figura 5 – Ponto 1 de amostragem.

O ponto 2 encontra-se próximo a saída Norte de Pato Branco, próximo ao bairro Bortot. A esta altura, espera-se que o rio já tenha recebido alguns efluentes sem tratamento, de origem doméstica ou industrial. A Figura 6 apresenta o ponto 2 de amostragem.



Figura 6 – Ponto 2 de amostragem

O ponto 3 encontra-se fora do perímetro urbano de Pato Branco, dentro da Área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, mais precisamente na trilha ecológica. No ponto 3 o Rio Ligeiro já passou por toda extensão urbana e pela estação de tratamento de esgoto da SANEPAR. A figura 7 representa o ponto 3 de amostragem.



Figura 7 – Ponto 3 de amostragem.

4.2 MÉTODOS DE COLETA

A coleta foi realizada com períodos regulares (sem chuva), de forma quinzenal. Durante o período de amostragens, deverá ser coletado um total de 6 amostras.

Os critérios básicos para a escolha dos pontos de amostragem foram sua localização, sendo o primeiro próximo a nascente, o segundo após o rio sair da canalização subterrânea que corta a cidade, e o terceiro após o rio percorrer a zona urbana inteira, além da estação de tratamento de esgotos da SANEPAR. Além disso, levou-se em consideração as características físicas dos locais, que possibilitam acesso facilitado, curvas-chave regulares, que reduzem a dispersão de dados, além de calhas bem definidas.

Através deste trabalho, tem-se por objetivo realizar um monitoramento do corpo hídrico através de uma Análise de Tendências, ou seja, deseja-se saber para que tipo de usos o rio poderá estar disponível.

O tipo de amostragem escolhido foi o Simples. Segundo Machado (2006), define-se amostragem simples como sendo a tomada de um ponto específico no tempo. Ainda segundo o autor, as amostras podem ser coletadas manualmente ou automaticamente através de um amostrador. Para este trabalho escolheu-se a coleta manual.

No campo serão levadas em consideração os requisitos para a coleta ocorrer de maneira adequada: Amostragem em Recipiente de plástico ou vidro previamente limpo, preservação da amostra no campo (gelo), e transporte dentro do período de 24h no máximo.

As amostras serão analisadas pelo Laboratório Laqua, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Pato Branco. As análises que serão realizadas são as seguintes: Condutividade elétrica, pH, Turbidez, Cloretos, DQO, DBO, Coliformes Termotolerantes, Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total, Nitrato, Sólidos Totais e Temperatura da água.

Ao final das análises em laboratório, os resultados das amostras serão submetidas a uma análise estatística descritiva, com o objetivo de se avaliar o comportamento dos indicadores ambientais nos diferentes pontos de amostragem.

Após, os resultados serão submetidos a análise de IQA de acordo com os indicadores escolhidos para avaliação. Os indicadores serão balanceados na fórmula matemática de acordo com os resultados mais expressivos, buscando trazer informações corretas e seguras da verdadeira qualidade atual da água do Rio Ligeiro em Pato Branco. Ao final do trabalho, os resultados das análises destas amostras servirão para representar as possíveis tendências de utilização da água deste corpo hídrico futuramente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADOS DOS PARÂMETROS CONSIDERADOS

5.1.1 Condutividade

Embora a condutividade elétrica venha ganhando importância para a medição da qualidade da água, na Resolução do CONAMA 357/05 (2005), não existe a citação de um valor limite para este indicador.

De acordo com as análises obtidas das amostras coletadas, foi elaborado a tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros estatísticos para Condutividade elétrica.

	Condutividade		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	30,4	65,38	63,61
Valor máximo	32,86	80,72	97,56
Média	31,68	70,2	76,85
Mediana	31,74	67,22	74,87
Desvio padrão	0,83	6,14	12,78
Variância	0,69	37,65	163,34
Assimetria	-0,27	1,31	0,78
Curtose	0,6	46	-0,24

De acordo com a análise de laboratório, é possível perceber claramente que os valores de Condutividade no ponto 1, próximo a nascente do rio são os mais baixos, e os valores do ponto 3 são os mais elevados, e os valores do ponto 2 são maiores que o primeiro e menores que o último. Isto significa que onde a condutividade é maior, existem mais íons presentes na água, devidos as matérias depositadas na água, indicando que há depósito de materiais prejudiciais a qualidade da água ao longo do rio. A figura 8 indica os resultados dos valores obtidos o indicador condutividade elétrica.

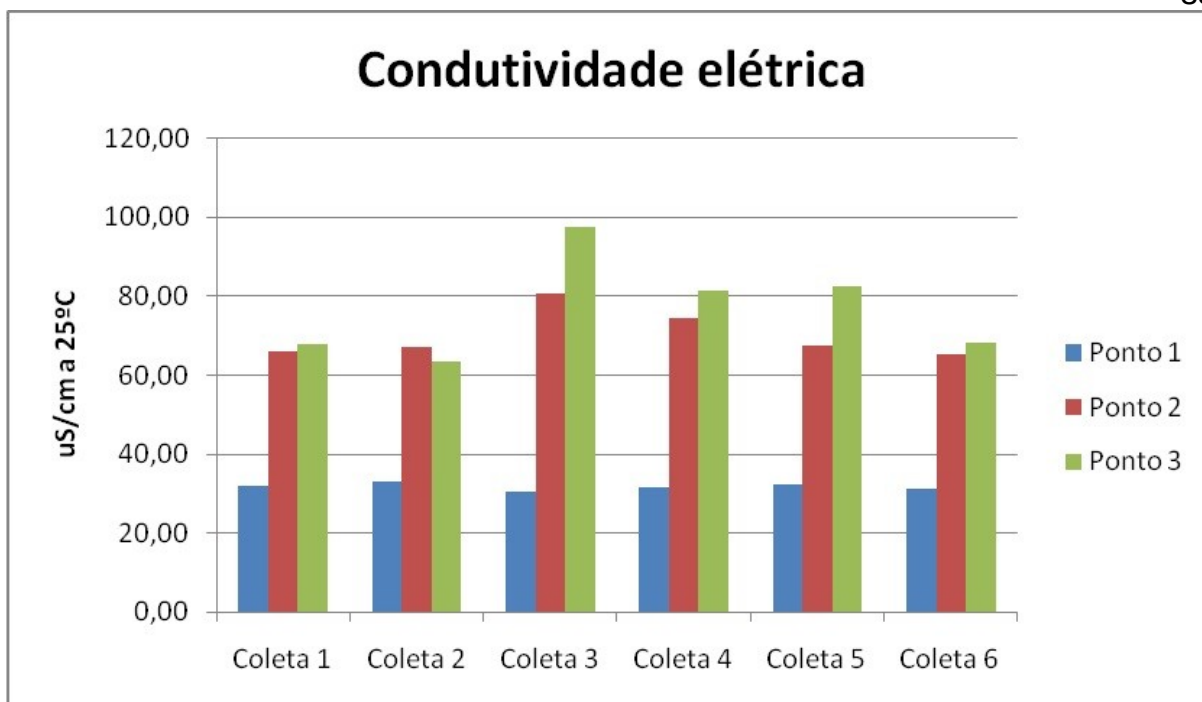


Figura 8 – Resultado dos valores obtidos o indicador condutividade elétrica

Os dados foram medidos em laboratório a temperatura de 25°C. Enquanto que as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Com isso, se for analisado apenas a condutividade elétrica, o rio não apresenta-se como muito poluído. Embora o valor da condutividade aumente gradativamente do ponto 1 para o ponto 3, os valores ainda assim apresentam-se dentro dos aceitáveis para ser considerado um rio não poluído em excesso.

O ponto 1 encontra-se muito próximo a nascente, em um local onde ainda não existe interferência humana significativa para apresentar grandes alterações na qualidade da água, o que explica a baixa condutividade registrada no ponto. No ponto 2, o rio já atravessou a maior parte da cidade, e o aumento da condutividade indica o despejo irregular de materiais poluídores na água, bem como despejo de material orgânico. No ponto 3, o rio já encontra-se fora da cidade, tendo passado inclusive pelo centro de tratamento de esgotos da SANEPAR. O pequeno aumento da condutividade em relação ao ponto 2, indica que ainda há um pouco de despejo irregular entre estes dois pontos.

5.1.2 pH

O pH é um fator primordial nos processos de coagulação, desinfecção, abrandamento das águas, controle da corrosão, tratamento dos esgotos e despejos industriais. A desinfecção das águas se processa melhor em pH ácido do que em pH alcalino. Geralmente em águas alcalinas o consumo de cloro é maior.

Segundo Machado (2006), os gases dissolvidos, sólidos, absorção de gases da atmosfera, reações de fotossíntese, e oxidação da matéria orgânica, são fatores naturais que alteram o pH das águas, porém, o principal fator que interfere e determina o pH da água é a estrutura geológica do local.

De acordo com as amostras coletadas, elaborou-se a tabela estatística abaixo.

Tabela 5 – Parâmetros estatísticos para pH

	pH		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	6,42	6,44	6,51
Valor máximo	8	6,86	7,27
Média	7	6,67	6,82
Mediana	6,95	6,67	6,73
Desvio padrão	0,55	0,14	0,33
Variância	0,3	0,02	0,11
Assimetria	1,31	-0,63	0,42
Curtose	2,32	1,84	-2,19

Analisando-se a tabela 5, é possível notar que os valores de pH são praticamente os mesmos ao longo do trajeto analisado do rio. Exceto por um valor fora do comum no ponto 1, onde leu-se pH de 8 em uma das coletas, o restante das leituras ficaram em sua maioria entre 6 e 7, indicando um pH ligeiramente ácido, praticamente neutro, para o rio, o que torna o tratamento da água mais fácil, uma

vez que pH básico exige mais cloro para o tratamento. A figura 9 representa os valores obtidos para pH.

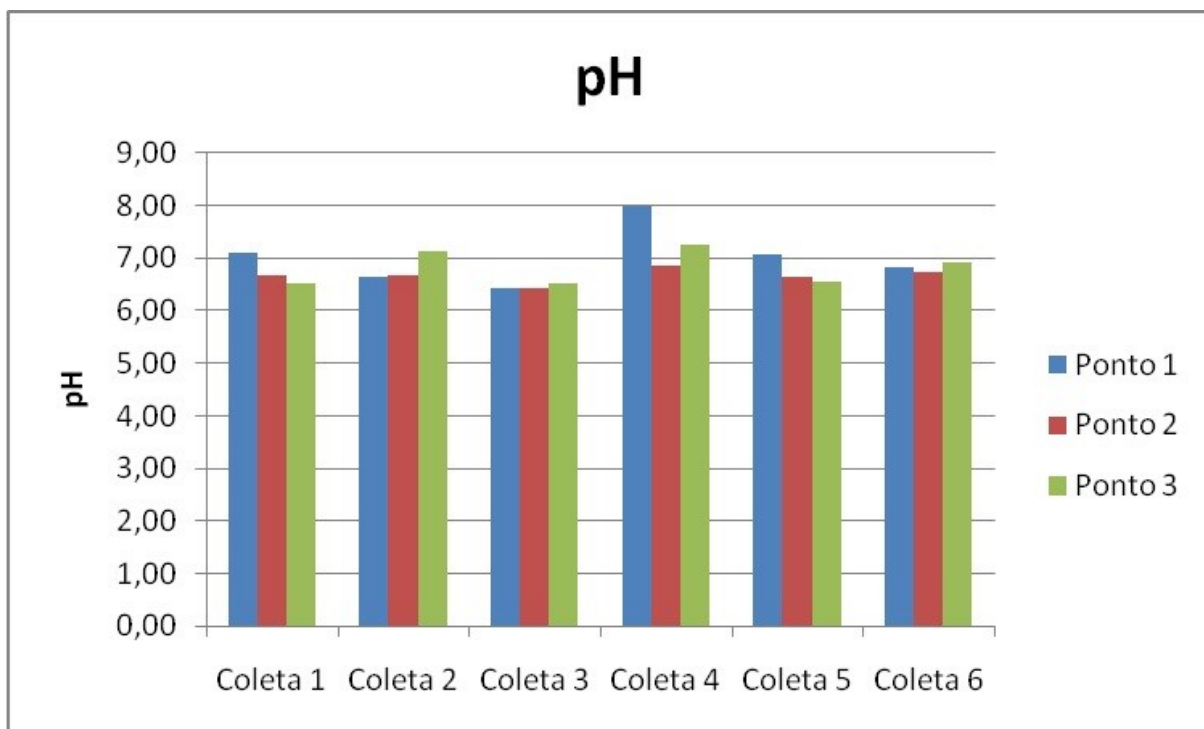


Figura 9 – Resultado dos valores obtidos para pH.

De acordo com a resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), rios de classe 2 devem encaixar-se em níveis de pH entre 6 e 9, o que aconteceu para todos os dados verificados nos pontos de coleta. Com isso, considerando-se apenas o pH, é possível afirmar que o Rio Ligeiro é um rio de Classe 2.

Machado (2006), analisando a qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do Rio Conrado e Rio Pato Branco, com estrutura geológica similar à área de estudo, encontrou também valores de pH na faixa de 6 a 9.

Os valores que foram encontrados são típicos da estrutura geológica do basalto. Como as amostras foram coletadas respeitando três dias sem chuva, os resultados ficaram bastante próximos e homogêneos.

5.1.3 Turbidez

A turbidez da água é atribuída principalmente às partículas sólidas em suspensão que diminuem a sua transparência e reduzem a transmissão da luz no meio. Pode ser provocada por plâncton, algas, detritos orgânicos e outras substâncias, como zinco, ferro, compostos de manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou adição de despejos domésticos ou industriais.

Segundo Silva (2016), a turbidez pode estar diretamente relacionada à presença de micro-organismos patogênicos à saúde, pois a presença de partículas sólidas responsáveis pelo aumento turbidez podem proteger determinados micro-organismos, facilitando a sua proliferação.

Com as amostras coletadas e analisadas, elaborou-se a tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros estatísticos para Turbidez

	Turbidez		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	0,61	1,61	0,6
Valor máximo	3,48	17,25	22,94
Média	2,07	5,88	10,83
Mediana	2,03	3,96	8,36
Desvio padrão	1,25	5,77	8,23
Variância	1,57	33,34	67,83
Assimetria	0,06	2,08	0,54
Curtose	-2,13	4,6	-0,77

Pela análise da tabela 6, pode-se afirmar que a média de turbidez da água aumenta conforme aumenta-se os pontos de análise. No ponto 1, a água é praticamente cristalina, pois encontra-se próximo da nascente. No ponto 2, a turbidez aumenta significativamente, o que pode ser explicado devido ao aumento das partículas sólidas em suspensão na água, como sujeira proveniente da urbanização, como lançamento de materiais poluidores e orgânicos por exemplo. Já no ponto 3, após passar pela cidade inteira, a média de turbidez é maior ainda. O ponto 3 é uma zona de mata nativa, logo, o fato de a turbidez ter aumentado,

também pode ser explicado, além das fontes poluidoras já mencionadas, pelo processo de erosão das margens e liberação de argila, areia e outros minerais em suspensão na água. A figura 10 representa os valores obtidos para Turbidez.

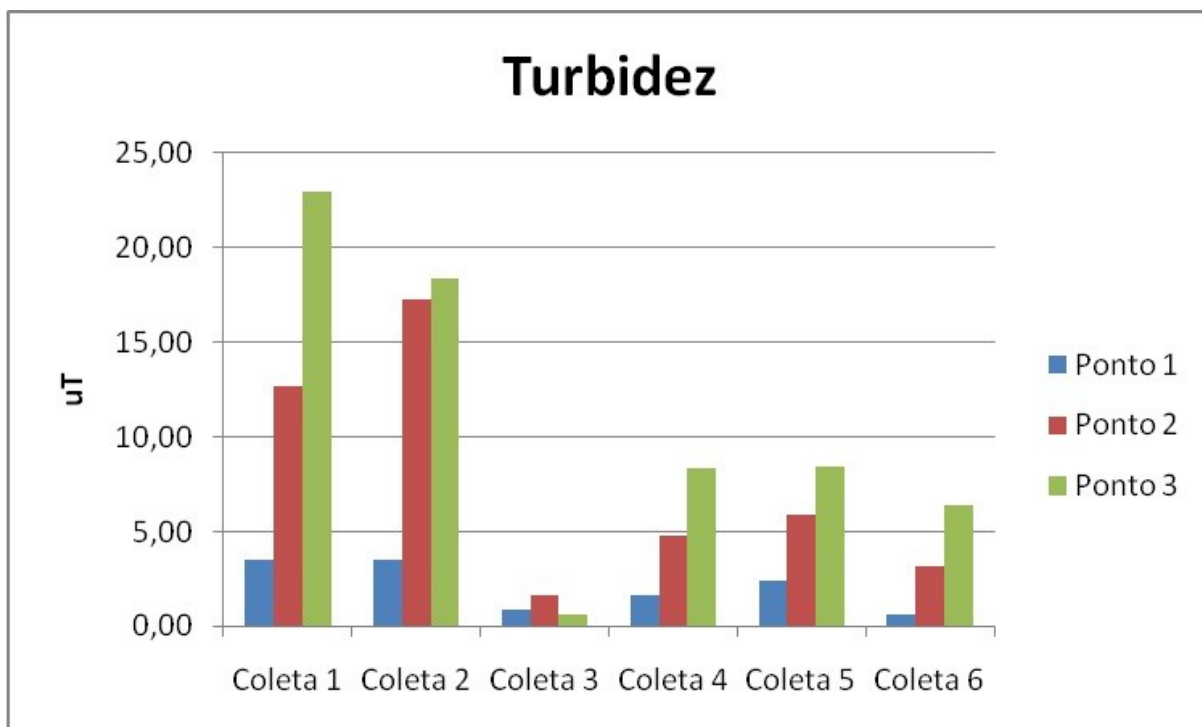


Figura 10 – Resultado dos valores obtidos para turbidez.

Pela figura 10, é possível afirmar que todos os dados obtidos para Turbidez encontram-se dentro dos padrões da resolução CONAMA 357/05 (2005), para rios de classe 2, onde diz que o nível de turbidez deve ser de no máximo 100 uT.

5.1.4 Cloretos

Os cloretos estão distribuídos na natureza geralmente na forma de sais de sódio (NaCl), de potássio (KCl), e sais de cálcio (CaCl₂). A maior quantidade desses sais está presente nos oceanos, porém a presença de cloretos em águas de rios também pode ser elevada caso haja despejo de esgoto sem tratamento ao longo do rio. Desta forma, a resolução CONAMA 357/05 (2005) estabelece que para rios de classe 2 e 3, o máximo permitido de cloretos presentes na água seja de 250 mg/L.

A tabela 7 apresenta os parâmetros estatísticos para os níveis de cloreto encontrado nas amostras.

Tabela 7 – Parâmetros estatísticos para Cloretos

	Cloretos		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	3	4	4
Valor máximo	4	6	8
Média	3,67	4,5	5,5
Mediana	4	4	5,5
Desvio padrão	0,52	0,87	1,52
Variância	0,27	0,7	2,3
Assimetria	-0,97	1,54	0,77
Curtose	-1,87	1,43	0,28

Pela análise da tabela 7, pode-se afirmar que a média dos valores de cloreto encontrados no rio é muito baixo, aumentando muito pouco de um ponto para o outro, sendo o menor dos níveis registrados próximo a nascente, onde o rio sofre o mínimo de intervenção humana. A figura 11 apresenta os valores obtidos para Cloretos.

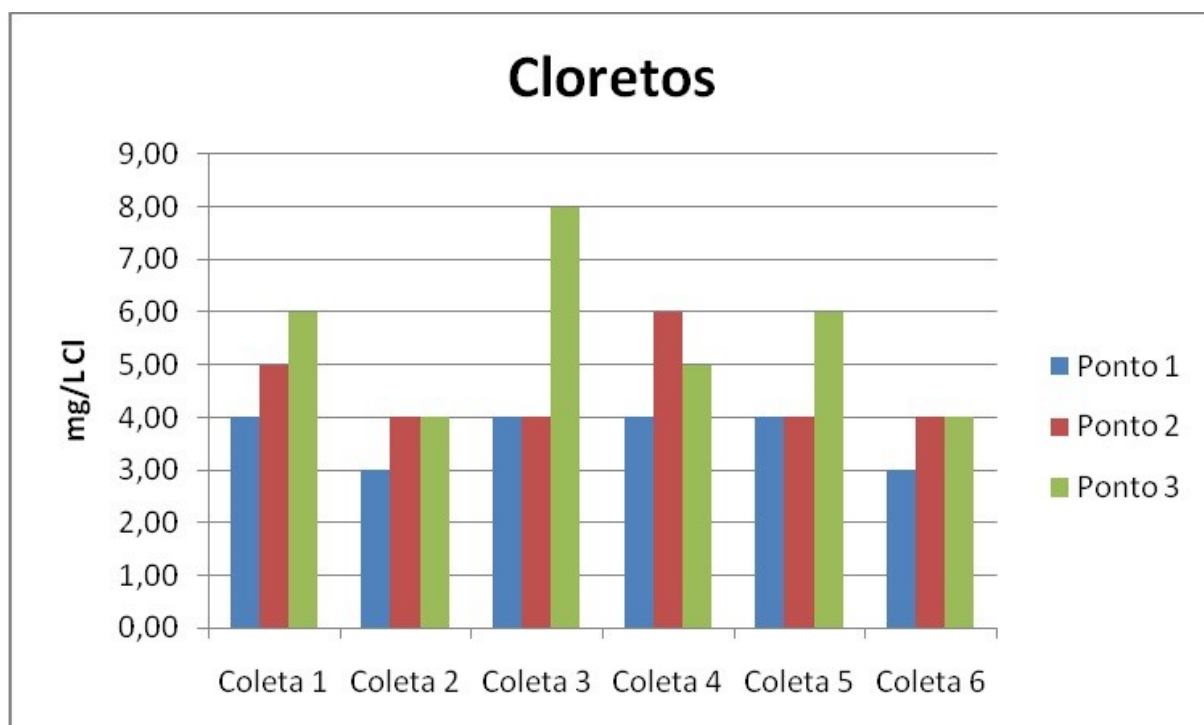


Figura 11 – Resultado dos valores obtidos para Cloretos.

Pela figura 11, é possível observar que em todas as análises os níveis de Cloretos está muito abaixo do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 (2005). Desta forma é possível afirmar que existe uma certa quantidade efluente doméstico ou industrial sendo lançado sem tratamento ao longo do rio.

5.1.5 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

De acordo com Machado (2006), a DQO pode ser um indicador para avaliar o teor de matéria orgânica oxidável e de substâncias capazes de consumir oxigênio, tais como $\text{Fe}^{2+}(\text{aq.})$, $\text{Mg}^{2+}(\text{aq.})$ e $\text{NH}_4^+(\text{aq.})$, desta forma o valor de DQO será sempre superior ao valor da DBO.

A Resolução CONAMA 357/05 (2005) não determina um limite para esta variável, porém, Chapman & Kimstach (1996), afirma que valores de DQO abaixo de 20 mg/L O_2 são consideradas águas menos poluídas. Já níveis acima deste podem ser considerados preocupantes.

A Tabela 8 apresenta os valores de estatística descritiva encontrados para DQO.

Tabela 8 – Parâmetros estatísticos para DQO

	DQO		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	2,21	5,61	8,42
Valor máximo	3,94	8,22	16,14
Média	3,08	6,77	11,59
Mediana	3,15	6,69	11,26
Desvio padrão	0,56	0,86	2,85
Variância	0,31	0,75	8,15
Assimetria	-0,03	0,58	0,67

Curtose	1,7	1,45	-0,29
----------------	-----	------	-------

A média dos pontos, bem como a mediana e a variância são crescentes do ponto 1 para o ponto 3, indicando que existe lançamento de efluentes industriais sem tratamento ao longo do rio, pois em meios naturais, os principais causadores do aumento da concentração de DQO nos corpos hídricos são os despejos de origem industrial que não recebem o devido tratamento.

Como foi observado na análise de cloretos, os valores nos pontos 2 e 3 são sempre maiores que no ponto 1, e isto, quando relacionado com a DQO também afirma que existe efluentes sem tratamento ao longo do rio, pois o aumento na quantidade de esgoto sem tratamento lançados diretamente no rio gera um aumento da concentração de cloretos. Desta forma, o aumento da concentração de cloretos podem contribuir para um aumento da DQO (FENZL, 1988). A figura 12 demonstra os resultados obtidos para DQO.

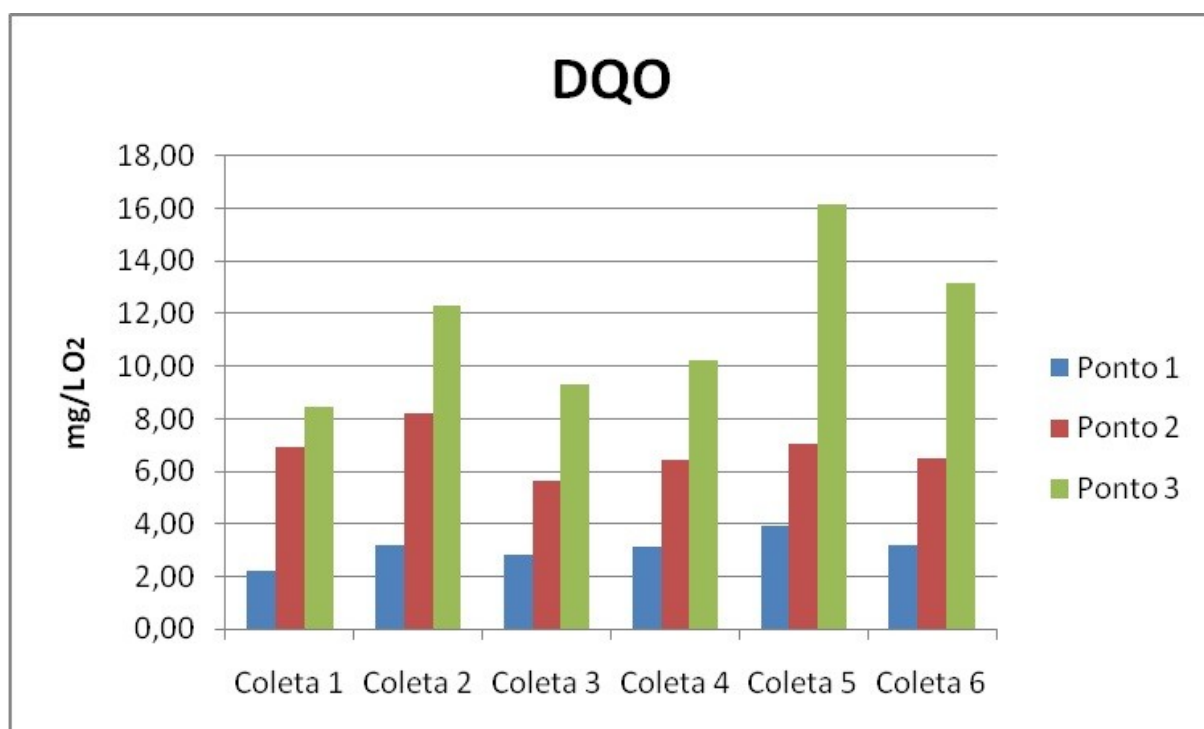


Figura 12 – Resultados dos valores obtidos para DQO.

Pela figura 10, observa-se que os valores foram sempre crescentes do ponto 1 para o ponto 3 em todas as coletas, o que reafirma a hipótese de efluentes não tratados sendo lançados ao longo do rio. Porém, todos os valores estão abaixo

de 20 mg/L O₂, que é o valor determinado por Champan (1996), como sendo o máximo aceitável. Acima deste valor os rios são considerados poluídos.

5.1.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO⁵)

A DBO⁵ refere-se exclusivamente à matéria orgânica mineralizada por atividade dos micro-organismos. De acordo com Machado (2006), a DBO⁵ indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água mediante processos bioquímicos aeróbicos. Além disso, também indica de forma indireta, se os corpos hídricos possuem boas condições de oxigenação e se está ocorrendo aporte de matéria orgânica nos mesmos. A DBO⁵ foi medida no quinto dia a 25°C, pois foi avaliado a DBO de 5 dias.

A tabela 9 apresenta os valores estatísticos descritivos encontrados para a variável DBO⁵.

Tabela 9 – Parâmetros estatísticos para DBO⁵

	DBO		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	1,45	3,62	6,31
Valor máximo	1,91	6,84	8,45
Média	1,69	4,67	7,27
Mediana	1,73	4,36	7
Desvio padrão	0,19	1,14	0,85
Variância	0,04	1,3	0,73
Assimetria	-0,23	1,74	0,57
Curtose	-2,38	3,48	-1,57

Pela análise do conjunto de dados, observa-se que a média e a mediana se distanciaram pouco entre si, mantendo-se praticamente as mesmas. Porém, observa-se o aumento dos valores de DBO⁵ conforme o rio se distancia de

sua nascente. Isto sugere que conforme o rio segue seu curso, cada vez mais oxigênio é necessário para oxidar a matéria orgânica presente na água. Em outras palavras, os níveis de matéria orgânica no pontos mais distantes da nascente são superiores aos níveis no começo de seu percurso, indicando mais uma vez que o rio recebe da cidade de Pato Branco, lançamento de efluentes sem tratamento adequado. A figura 13 apresenta os valores obtidos para DBO⁵.

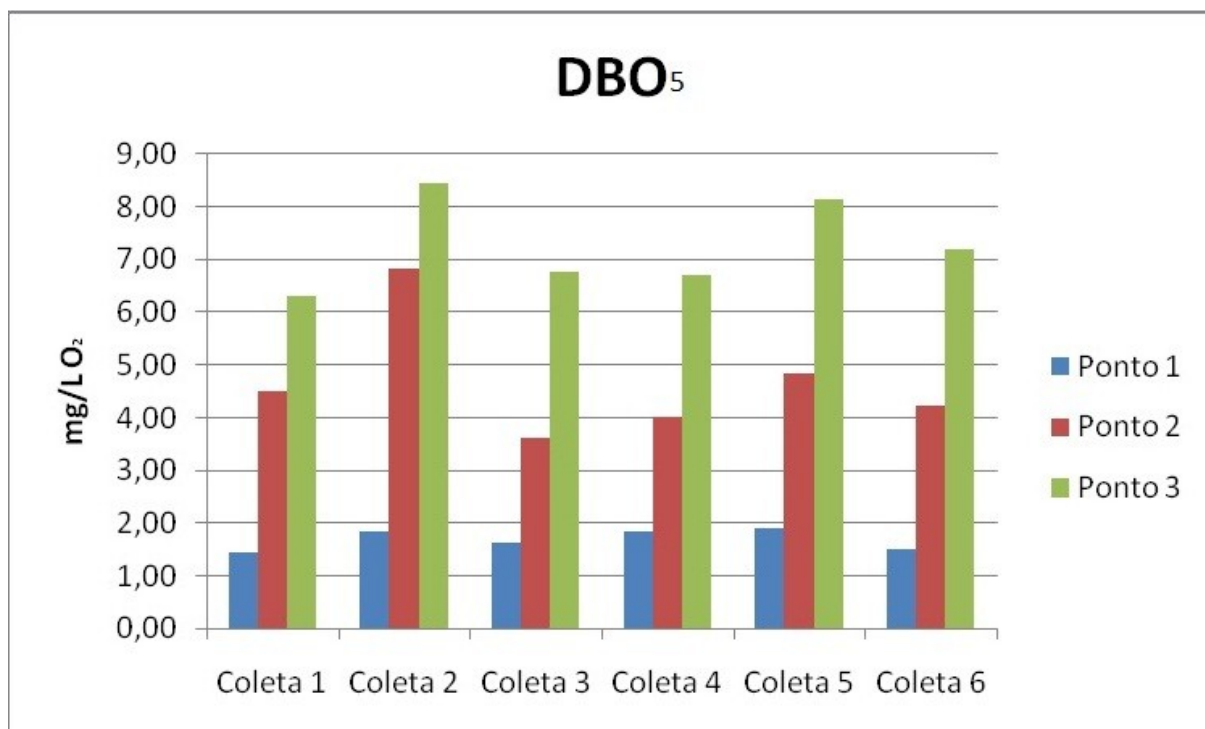


Figura 13 – Resultados dos valores obtidos para DBO⁵.

A Resolução CONAMA 357/05 (2005), determina que os valores de DBO⁵ para rios de classe 2 não deve ultrapassar os 5 mg/L O₂, e classe 3 não deve ultrapassar o limite de 10 mg/L O₂. Nos pontos 1 e 2, os resultados obtidos estiveram sempre abaixo do regulamentado pelo Conselho para classe 2, porém no ponto 3 os resultados estiveram sempre acima da regulamentação, indicando que no ponto 3, com relação à DBO₅, há uma mudança na classe do rio de 2 para 3. Machado (2006), afirma que águas superficiais com DBO⁵ inferior a 4 mg/L O₂ são consideradas razoavelmente limpas. Já aquelas em que os níveis analisados são maiores do que 10 mg/L O₂, são consideradas poluídas. Desta forma, embora os resultados no ponto 3 sejam maiores do que o estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 (2005), ainda assim não são considerados como resultados de rios

poluídos, porém no ponto 3 já ocorreria uma mudança da classe do rio, passando para Classe 3 a partir deste ponto.

Em comparação dos resultados de DQO com DBO⁵ de todas as análises em todos os pontos, os resultados para DBO⁵ foram sempre menores do que os resultados para DQO, confirmando o que diz na resolução 357/05 do CONAMA (2005), onde lê-se que os resultados devem ser sempre de DQO > DBO⁵.

5.1.7 Coliformes Termotolerantes

Os coliformes termotolerantes podem indicar a presença de material orgânico de origem fecal. Este microorganismo que sobrevive em temperaturas de até 40°C, embora conviva em simbiose com seres humanos quando estão no trato digestivo, podem se tornar causadores de doenças quando presentes em alimentos ou em água contaminada.

A Resolução 357/05 do CONAMA (2005), estabelece que a presença máxima de coliformes termotolerantes em rios de classe 2 é de no máximo 1000 NPM.mL-1. Valores acima deste, enquadram-se na classe 2. Com base nos dados estatísticos calculados, elaborou-se a tabela 10.

Tabela 10 – Parâmetros estatísticos para coliformes termotolerantes

	Coliformes termotolerantes		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	1906	2948	5948
Valor máximo	5948	5948	5948
Média	3467,01	4088,67	5948
Mediana	3428,5	3909	5948
Desvio padrão	1485,99	988,67	0
Variância	2208175,84	977472,27	0
Assimetria	0,84	1,53	-
Curtose	0,51	3,75	-

Pela análise da tabela descritiva, percebe-se que, embora o valor mínimo aumentou de um ponto para o outro, o valor máximo para todos os pontos de análise foram os mesmos: 5948 NMP.100mL-1. Vale ressaltar que a média dos pontos foi de 3467 NMP.100mL-1 para o ponto 1, 4088,67 NMP.100mL-1 para o ponto 2, e 5948 NMP.100mL-1 para o ponto 3, indicando que a quantidade de coliformes presentes na água tende a aumentar conforme o rio se distancia de sua nascente. A figura 14 apresenta os resultados obtidos para Coliformes Termotolerantes.

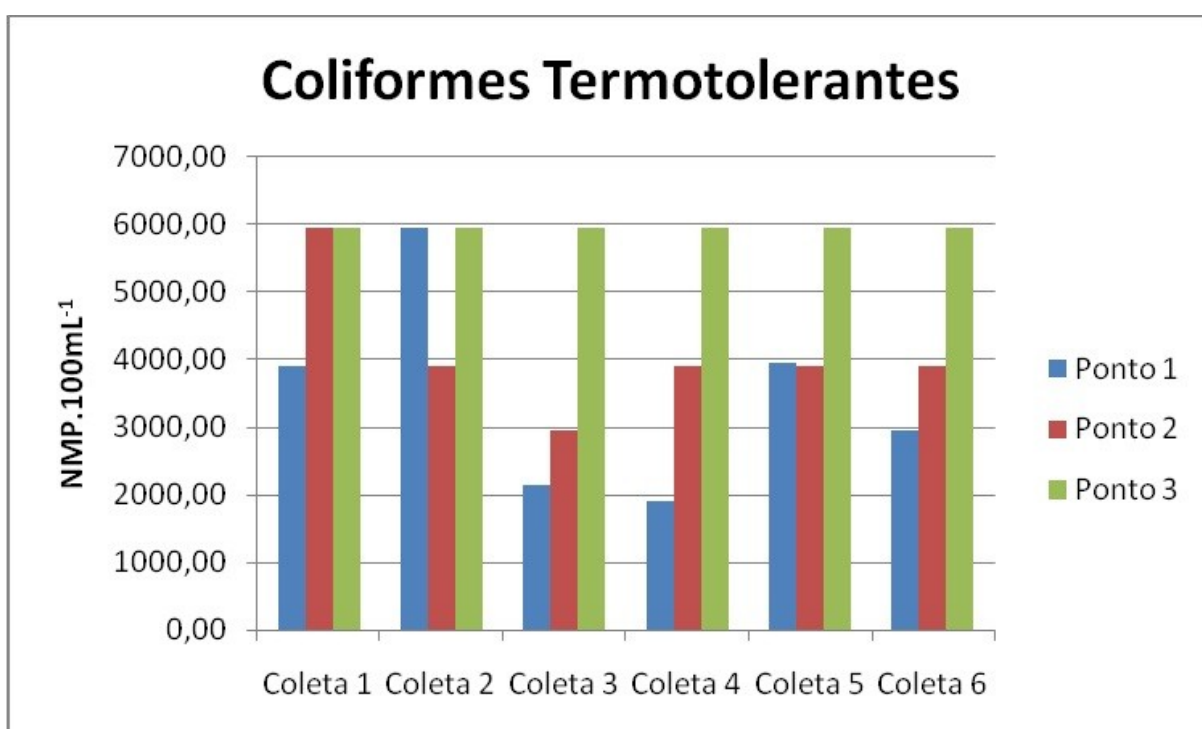


Figura 14 – Resultados dos valores obtidos para coliformes termotolerantes.

Pela análise da figura 14, é possível concluir que todos os valores encontrados para coliformes termotolerantes estiveram sempre muito acima do estabelecido pelo CONAMA para rios de classe 2. O nível mais baixo de coliformes foi encontrado no ponto 1 da coleta 4, porém mesmo assim o valor já encontrava-se 90,6% acima do estabelecido pelo Conselho. Desta forma, com relação à coliformes termotolerantes, o rio Ligeiro se enquadra na classe 3 em toda sua extensão.

Estes valores indicam que o rio recebe uma grande quantidade de material de origem fecal ao longo de seu curso, e embora a média deste valor aumente conforme o rio se distancia da nascente, a quantidade já é bastante alta

desde o começo de seu curso, sugerindo que há efluentes não tratados sendo despejados no rio sem o devido tratamento, podendo ser, estes, de origem animal, devido a presença de cavalos e cães criados soltos próximo a nascente, ou até mesmo de origem humana.

5.1.8 Oxigênio Dissolvido

O Oxigênio Dissolvido é muito importante para o meio ambiente, pois é o responsável, indiretamente, pela oxidação e decomposição de materiais orgânicos presentes nos rios através do lançamento de esgotos sem tratamento. As bactérias presentes na água, durante seus processos respiratórios, utilizam o oxigênio dissolvido para realizar a degradação desta matéria orgânica. Desta forma, é interessante que haja uma quantidade de alta de OD na água, pois quando as bactérias utilizam este oxigênio, a quantidade do elemento dissolvido na água diminui, prejudicando o restante da vida aquática que utiliza esta forma de oxigênio para a respiração.

A tabela 11 apresenta os parâmetros estatísticos descritivos encontrados para oxigênio dissolvido.

Tabela 11 – Parâmetros estatísticos para OD.

	Oxigênio Dissolvido		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	6,6	6,4	4,5
Valor máximo	8,8	8,2	5,8
Média	7,42	6,97	5,22
Mediana	7,05	6,85	5,25
Desvio padrão	0,82	0,63	0,43
Variância	0,67	0,4	0,18
Assimetria	1,15	1,92	-0,64
Curtose	0,37	4,26	1,83

A Resolução CONAMA 357/05 (2005), estabelece que os valores de OD devem ser sempre superiores a 5 mg.L O₂-1. Com isso, analisando a tabela 11, é possível notar que a média de todos os pontos está acima do estabelecido pela norma, o que é bom para o rio, pois teoricamente, se há lançamento de efluentes sem tratamento ao longo de seu percurso, o elevado índice de OD é desejável para que haja a decomposição desta matéria orgânica pelos microorganismos adequados.

A figura 15 apresenta os resultados encontrados para OD em todos os pontos e coletas realizadas.

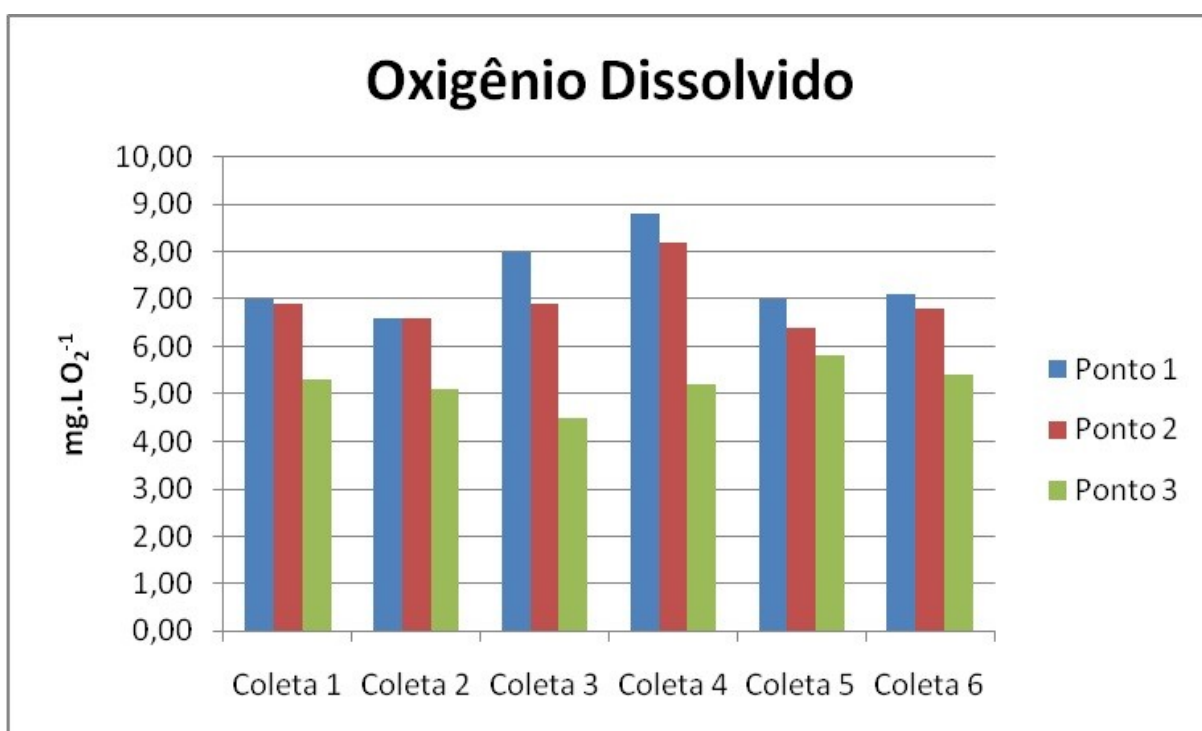


Figura 15 – Resultados dos valores obtidos para OD.

Com exceção do ponto 3 na terceira coleta, todas as outras coletas em todos os pontos ficaram sempre acima de 5 mg.L O₂-1, que é o estabelecido pelo CONAMA 357/05 (2005).

É possível perceber que os resultados apresentam sempre valores maiores para o ponto 1 em relação aos outros dois pontos, sendo o ponto 3 aquele que apresenta o menor valor para OD. Isto indica que no ponto 1, onde há menos presença de material orgânico em suspensão, a concentração de OD é maior, pois este é menos utilizado para a decomposição, porém, nos outros dois pontos onde a

presença de material orgânico é maior, a concentração de OD é menor, pois este já está sendo utilizado pelas bactérias para decompor o material orgânico em suspensão.

5.1.9 Fósforo Total

Segundo Machado (2006), a presença de fósforo em águas superficiais ocorre principalmente de origem natural, como dissolução das rochas, carreamento de solo, decomposição de matéria orgânica e chuva. Ainda segundo o mesmo autor, o fósforo também pode ser oriundo de ações antropogênicas devido ao uso de detergentes superfostatados, matéria fecal, fertilizantes químicos e agrotóxicos, sendo estes dois últimos não preocupantes para o caso do rio Ligeiro nos limites avaliados para este trabalho.

A tabela 12 apresenta os parâmetros estatísticos descritivos encontrados para Fósforo total.

Tabela 12 – Parâmetros estatísticos para fósforo total

	Fósforo Total		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	0,42	0,92	1,12
Valor máximo	0,62	1,12	1,84
Média	0,53	1,01	1,47
Mediana	0,52	0,98	1,52
Desvio padrão	0,07	0,09	0,27
Variância	0,01	0,01	0,07
Assimetria	-0,34	0,61	-0,07
Curtose	-0,12	-1,87	-1,28

A tabela 12 apresenta um aumento da concentração de fósforo ao longo do percurso do rio. No ponto 1, a média é de 0,53 mg.L⁻¹ P, o ponto 2 apresenta média de 1,01 mg.L⁻¹ P, e o ponto 3 apresenta média de 1,47 mg.L⁻¹ P.

Além disso, o valor mínimo de cada amostra é sempre maior ou igual ao valor máximo do ponto anterior, confirmando ainda mais que a presença de fósforo na água é sempre maior conforme o rio se distancia de sua nascente.

A Resolução CONAMA 357/05 (2005), indica que para ambientes lóticos de classe 2, o valor máximo aceitável de fósforo total é de 0,1 mg.L⁻¹ P. Valores acima deste enquadram-se na classe 3. Todos os valores mínimos, bem como todas as médias encontradas, mostraram-se acima do limite máximo estabelecido pelo Conselho para classe 2.

A figura 16 apresenta os valores encontrados em todas as amostras coletadas nos pontos de estudo.

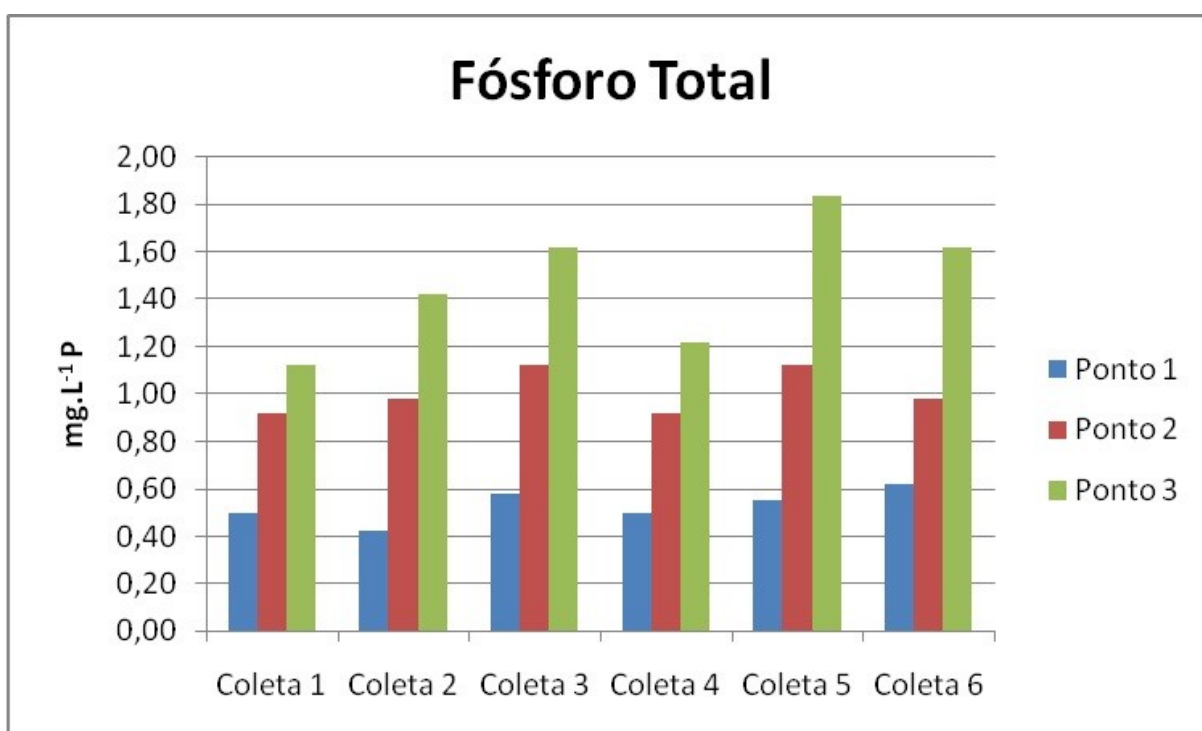


Figura 16 – Resultados dos valores obtidos para Fósforo total.

Com a análise da figura 16, é possível concluir que todos os resultados estão fora do padrão estabelecido para rios de classe 2, enquadrando, desta forma, o rio na classe 3 em toda sua extensão quando referido à Fósforo total. Além disso, a figura também mostra que as análises acusaram maior presença de fósforo nos pontos 2 e 3. Isto significa que próximo a nascente, o rio já apresenta um alto valor de fósforo, podendo este valor ser proveniente das rochas de formação e/ou de efluentes não tratados. Porém, no pontos 2 e 3 o valor é ainda maior, sugerindo que

realmente há despejo de efluentes como detergentes fosfatados ou material fecal por exemplo.

5.1.10 Nitrato

Segundo Vale (2014), considera-se que as principais fontes de contaminação de água por nitratos são os resíduos industriais e domésticos, além da poluição atmosférica por compostos azotoados, e produção agrícola intensiva. O nitrato é um elemento que em seres humanos pode causar sérias doenças, devido a sua capacidade de oxidar a hemoglobina, presente no sangue através da redução de Nitrato em Nitrito.

O CONAMA (2005), em sua resolução 357/05, determina que o limite máximo de Nitrato presente na água em rios de classe 2 é de 10 mg.L-1 O₂. A tabela 13 apresenta os valores estatísticos descritivos obtidos para Nitrato.

Tabela 13 – Parâmetros estatísticos para Nitrato

	Nitrato		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	0,2	0,56	1,12
Valor máximo	0,51	1,19	1,84
Média	0,3	0,79	1,47
Mediana	0,28	0,76	1,52
Desvio padrão	0,12	0,23	0,27
Variância	0,01	0,05	0,07
Assimetria	1,28	1,19	-0,07
Curtose	1,5	1,43	-1,28

A tabela 13 mostra que todos valores máximos, bem como a média de cada ponto, encontra-se muito abaixo do limite máximo estabelecido pelo CONAMA. A análise estatística também mostra que a média de Nitrato no ponto 1 é de 0,3 mg.L-1 O₂, no ponto 2 é de 0,79 mg.L-1 O₂, e no ponto 3 é de 1,47 mg.L-1 O₂. Isto

prova que a concentração do elemento é menor em sua nascente, sugerindo novamente que resíduos industriais e domésticos são despejados no corpo hídrico sem o devido tratamento.

A figura 17 apresenta os valores encontrados em todos os pontos analisados no rio Ligeiro.

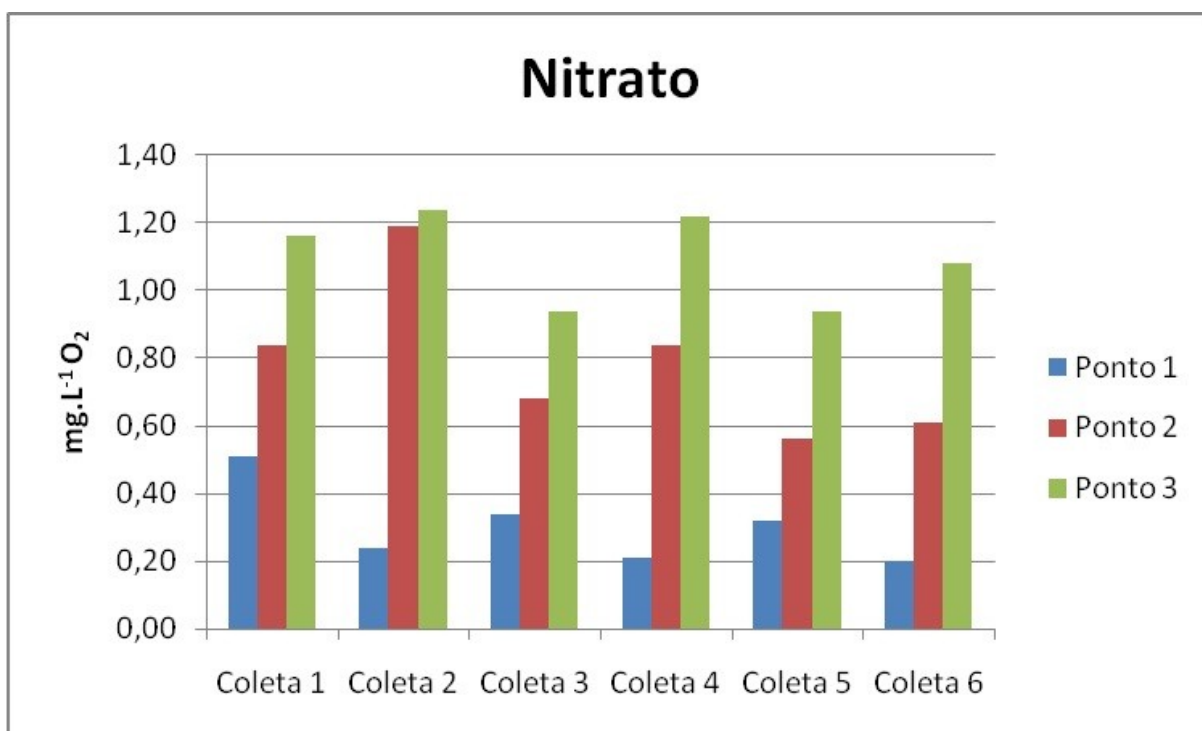


Figura 17 – Resultados dos valores obtidos para Nitrato.

Em todas as coletas ficou evidente que a concentração de Nitrato é sempre maior conforme o rio vai cortando a cidade. Valores menores para o ponto 1, médios para o ponto 2, e maiores para o ponto 3 em todas as coletas realizadas.

5.1.11 Temperatura

A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias.

Neste trabalho, a temperatura da água foi medida a campo no momento da coleta. A tabela 14 apresenta os valores estatísticos descritivos para o parâmetro.

Tabela 14 – Parâmetros estatísticos para temperatura.

	Temperatura		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	5	7	6
Valor máximo	21	21	21
Média	12,83	13,5	13,67
Mediana	12	13	12,5
Desvio padrão	6,82	5,68	6,38
Variância	46,57	32,3	40,67
Assimetria	0,18	0,23	0,22
Curtose	-2,3	-1,7	-2,06

A média de temperatura está inferior a média dos rios brasileiros, que situa-se geralmente entre 20 e 30°C, porém isto pode ser explicado simplesmente devido a mudança de estações no período em que as amostras foram coletadas (outono e inverno).

A figura 18 apresenta os valores encontrados em todas as coletas.

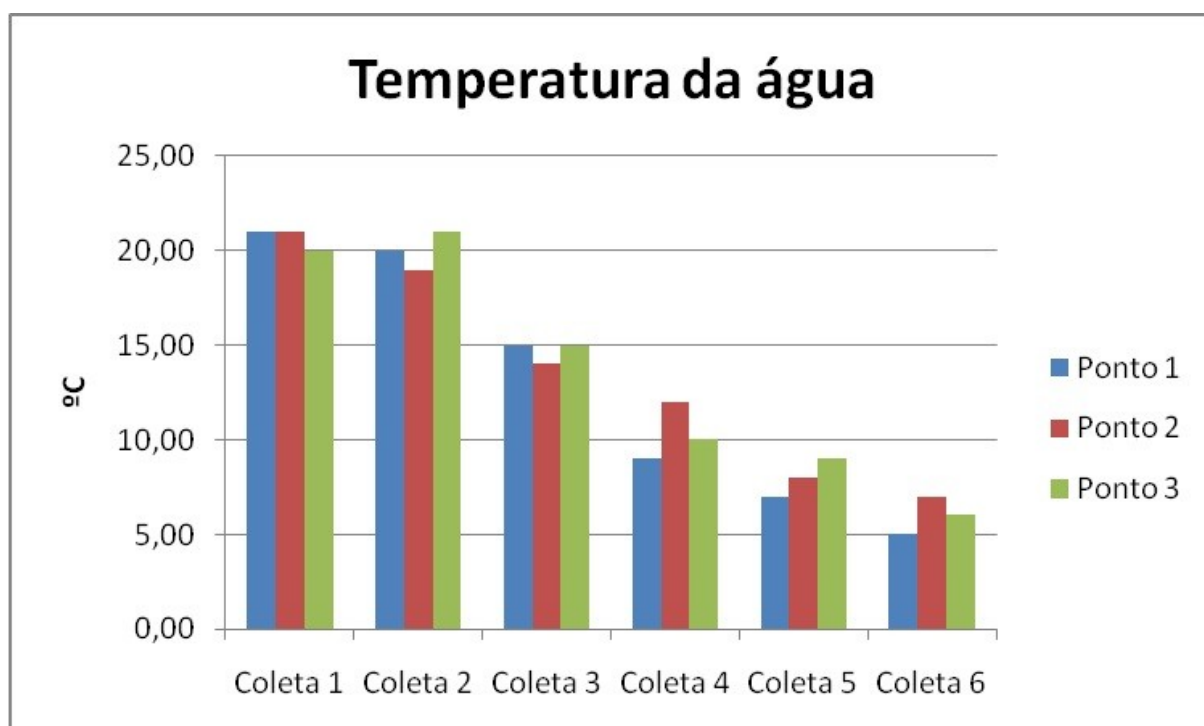


Figura 18 – Resultados dos valores obtidos para temperatura.

A mudança de temperatura deve-se a mudança no clima de Pato Branco no período em que as amostras foram coletadas, conforme mostra a tabela 15.

Tabela 15 – Datas das coletas.

Número da coleta	Data da coleta
Coleta 1	09/03/2016
Coleta 2	21/03/2016
Coleta 3	18/05/2016
Coleta 4	01/06/2016
Coleta 5	06/06/2016
Coleta 6	13/06/2016

5.1.12 Sólidos Totais

A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos). Os sólidos totais se dividem em sólidos suspensos e sólidos dissolvidos. Sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração. Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10^{-3} μm e que permanecem em solução mesmo após a filtração.

A tabela 16 apresenta os valores estatísticos descritivos para a quantidade de sólidos totais obtidos.

Tabela 16 – Parâmetros estatísticos para Sólidos Totais

	Sólidos totais		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Valor mínimo	37	74	77
Valor máximo	42	85	89
Média	40	78,67	83

Mediana	40,5	77	72,5
Desvio padrão	2,1	4,72	4,86
Variância	4,4	22,27	23,6
Assimetria	-0,58	0,67	0,14
Curtose	-1,55	-1,84	-1,86

Todas as médias, bem como todos os valores máximos obtidos, encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/05 (2005) para rios de classe 2. O conselho determina um limite máximo de 500 mg.L⁻¹, e os valores encontrados estão bem abaixo da norma.

A figura 19 apresenta os resultados dos valores obtidos para Sólidos totais em todas as amostras colhidas.

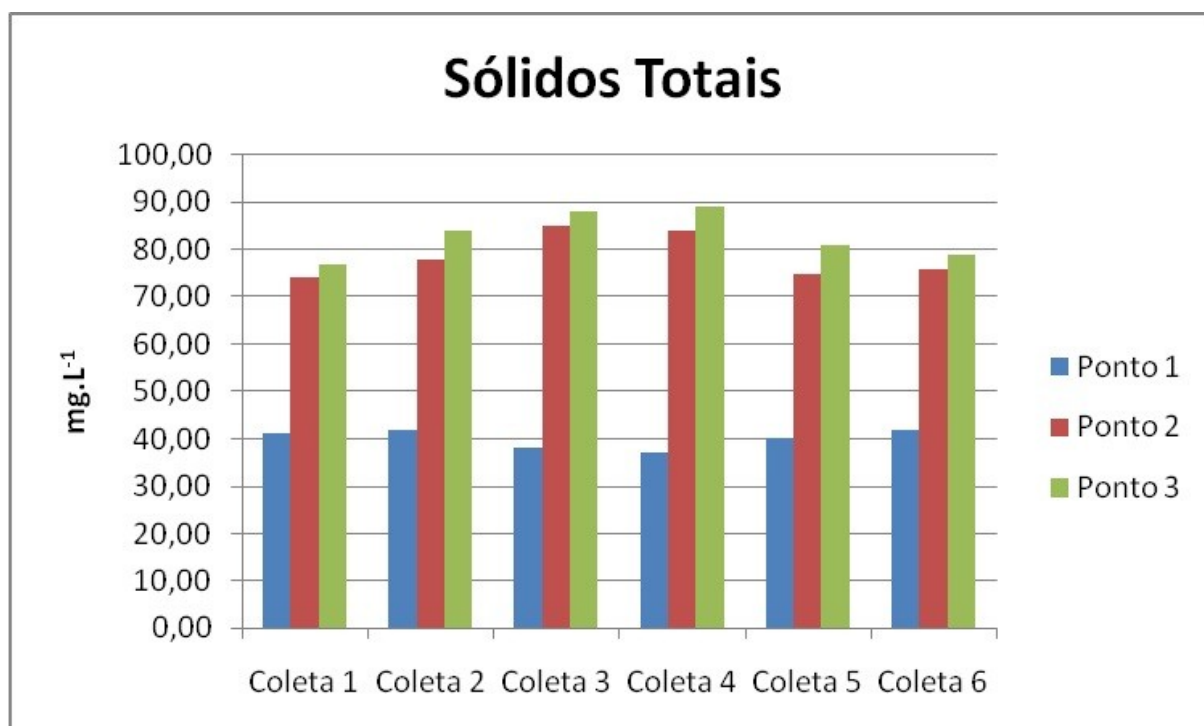


Figura 19 – Resultados dos valores obtidos para Sólidos totais.

Embora todas as coletas e todos os pontos tenham ficado abaixo do valor máximo estabelecido pelo CONAMA, os pontos 2 e 3 apresentaram valores muito maiores que o ponto 1. Os pontos 2 e 3 apresentaram valores maiores que o dobro do ponto 1 nas coletas 3 e 4. Isto indica mais uma vez, que há lançamento de

lixo, e esgoto doméstico ou industrial sem tratamento ao longo do rio Ligeiro em seu perímetro urbano de Pato Branco.

Machado (2006) encontrou em suas análises no rio Pato Branco e rio Conrado, que passam fora do perímetro urbano do município de Pato Branco, valores de média entre 25,98 mg.L-1 e 30,41 mg.L-1, ou seja, valores inferiores aos encontrados no rio Ligeiro, que corta todo o perímetro urbano.

5.2 FÓRMULA MATEMÁTICA PARA O CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

O cálculo do índice de qualidade da água, ou simplesmente IQA, tem como objetivo mensurar a qualidade da água de um corpo hídrico através de cálculos onde os valores de cada incógnita provêm de uma análise química detalhada da água colhida neste corpo hídrico.

De acordo com a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (2016), a criação do IQA se baseou através da opinião de 142 especialistas, que definiram quais os parâmetros deveriam ser medidos e considerados para o cálculo do IQA, bem como sua importância relativa. Os parâmetros escolhidos pelos especialistas foram os mesmos utilizados para o cálculo do IQA deste trabalho: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, temperatura, pH, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

A figura 20 representa a fórmula utilizada para o cálculo do IQA.

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

Figura 20 – Fórmula matemática para cálculo do IQA.

Onde:

IQA = Índice de Qualidade da Água

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro (obtido através de cálculos e, após, comparado com as curvas elaboradas por especialistas)

w_i = peso relativo do i -ésimo parâmetro).

O w_i na fórmula é um valor que varia de 0 a 1, e representa a importância de cada parâmetro para o cálculo de definição da qualidade da água. A tabela 17 representa o w_i de cada parâmetro definido para este trabalho com base nas águas do Rio Ligeiro.

Tabela 17 – Valores de w_i determinados para o cálculo do IQA.

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,12
DBO	0,10
Variação da Temperatura	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

Os valores de q_i foram determinados através de cálculos, utilizando-se fórmulas específicas para cada parâmetro. Após os resultados serem obtidos, estes foram comparados às curvas determinadas pelos especialistas. Para todos os valores encontrados, o resultado estava dentro da curva aceitável para o cálculo do IQA.

5.2.1 Valores de q_i para cada parâmetro

5.2.1.1 Oxigênio Dissolvido

Para o cálculo do q_i para OD, utilizou-se as seguintes fórmulas:

$$C_s = (14,2 \times e^{-0,0212T} - (0,0016 \times CCl \times e^{-0,0264T})) \times (0,994 - (0,0001042 \times H))$$

Onde:

Cs – concentração de saturação de oxigênio (mg/L)

T – temperatura (°C)

CCI – Concentração de Cloreto (mg/L)

H – Altitude (m)

Após, calcula-se a porcentagem de OD, pela fórmula:

$$\%OD = (OD/Cs) \times 100$$

Onde:

OD% – porcentagem de oxigênio dissolvido

OD – oxigênio dissolvido (mg/L)

Cs – concentração de saturação de oxigênio dissolvido (mg/L)

O valor encontrado para %OD foi de 66,68.

Após, o q_i para OD foi obtido através da seguinte fórmula:

$$q_i = 100 \times (\text{sen}(y_1))^2 - [(2,5 \times \text{sen}(y_2) - 0,018 \times OD\% + 6,86) \times \text{sen}(y_3)] + 12/ey_4 + ey_5$$

Onde:

$$y_1 = 0,01396 \times OD\% + 0,0873$$

$$y_2 = \pi/56 \times (OD\% - 27)$$

$$y_3 = \pi/85 - (OD\% - 15)$$

$$y_4 = (OD\% - 65)/10$$

$$y_5 = (65 - OD\%)/10$$

Após os cálculos, o valor obtido de q_i para o parâmetro de OD, foi de:

$$q_i \text{ OD} = 68,7$$

O valor foi, então, comparado com a curva desenvolvida por BROWN (1974, CETESB (2004) e MATTOS (1998), demonstrada na figura 21. A comparação confirmou o resultado encontrado.

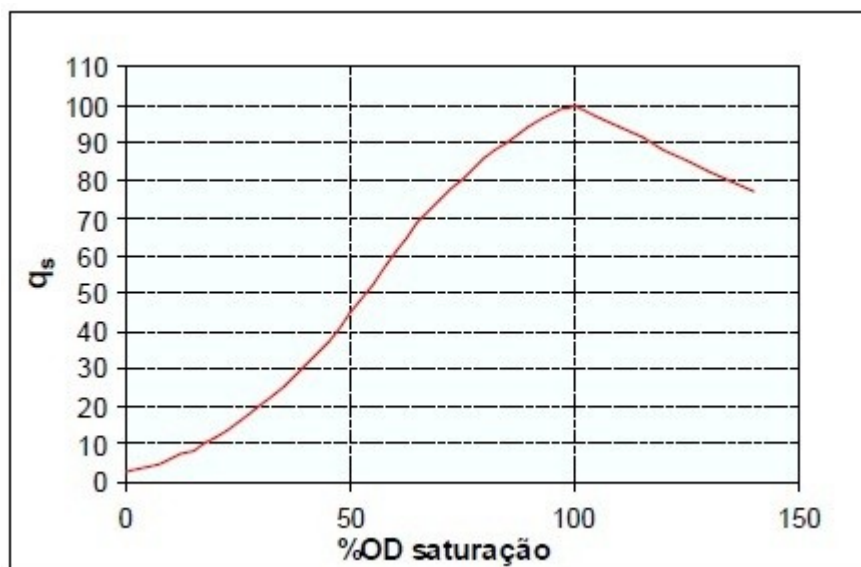


Figura 21 – Curva de OD.

5.2.1.2 Coliformes Termotolerantes

A quantidade média de CT para o perímetro analisado do Rio Ligeiro foi de 4501,23 NMP/100mL

Para o cálculo de q_i para Coliformes Termotolerantes, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$q_i = 98,24034 - 34,7145 \times (\log(CF)) + 2,614267 \times (\log(CF))^2 + 0,107821 \times (\log(CF))^3$$

Após os cálculos, o valor obtido de q_i para o parâmetro de CT, foi de:

$$q_i \text{ CT} = 11,39$$

O valor foi, então, comparado com a curva desenvolvida por BROWN (1974, CETESB (2004) e MATTOS (1998), demonstrada na figura 22. A comparação confirmou o resultado encontrado.

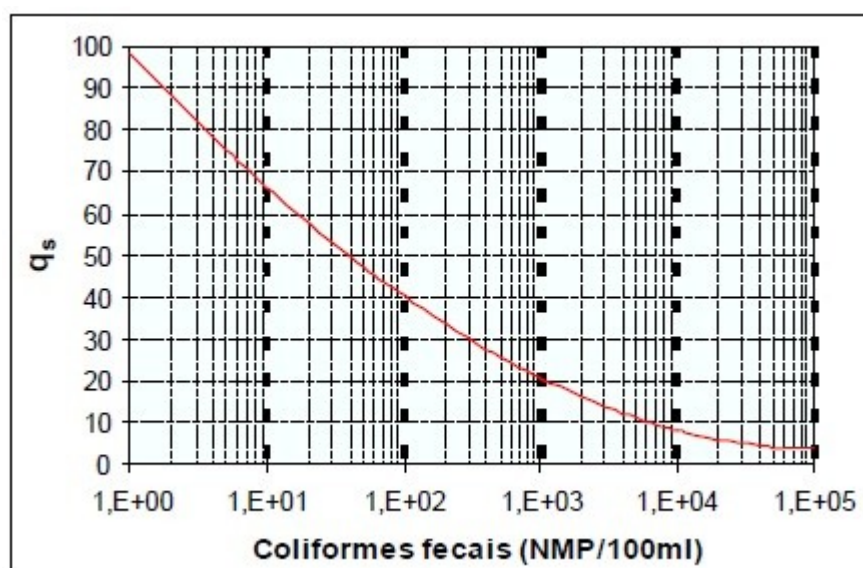


Figura 22 – Curva de Coliformes Termotolerantes.

5.2.1.3 pH

O pH médio para o perímetro analisado do Rio Ligeiro foi de 6,8.

Para o cálculo de q_i para pH, utilizou-se a seguinte fórmula:

Para $2,0 < \text{pH} < 6,9$

$$q_i = - 37,1085 + 41,91277 \times \text{pH} - 15,7043 \times \text{pH}^2 + 2,417486 \times \text{pH}^3 - 0,091252 \times \text{pH}^4$$

Após os cálculos, o valor obtido de q_i para o parâmetro de pH, foi de:

$$q_i \text{ pH} = 86,76$$

O valor foi, então, comparado com a curva desenvolvida por BROWN (1974, CETESB (2004) e MATTOS (1998), demonstrada na figura 23. A comparação confirmou o resultado encontrado.

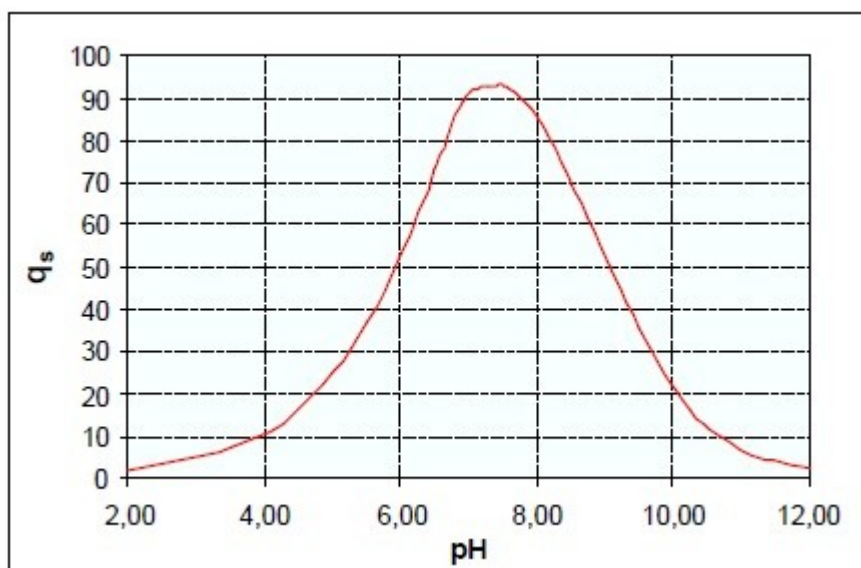


Figura 23 – Curva de pH.

5.2.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO média para o perímetro analisado do Rio Ligeiro foi de 4,54 mg/L O₂.

Para o cálculo de q_i para DBO, utilizou-se a seguinte fórmula:

Para DBO < 30 mg/L

$$q_i = 100,9571 - 10,7121 \times \text{DBO} + 0,49544 \times \text{DBO}^2 - 0,011167 \times \text{DBO}^3 + 0,0001 \times \text{DBO}^4$$

Após os cálculos, o valor obtido de q_i para o parâmetro de DBO, foi de:

$$q_i \text{ DBO} = 61,53$$

O valor foi, então, comparado com a curva desenvolvida por BROWN (1974, CETESB (2004) e MATTOS (1998), demonstrada na figura 24. A comparação confirmou o resultado encontrado.

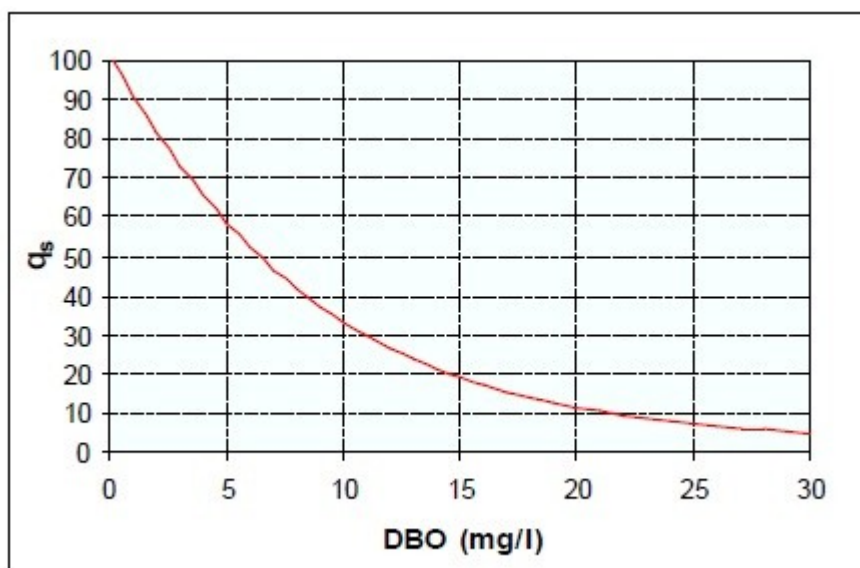


Figura 24 –

Curva de DBO.

5.2.1.5 Nitrato Total

A quantidade média de Nitrato Total obtido para o perímetro analisado do Rio Ligeiro foi de 0,7 mg/L NO₂.

Para o cálculo de q_i para Nitrato Total, utilizou-se a seguinte fórmula:

Para NO₃ < 10 mg/L

$$q_i = -5,1 \times \text{NO}_3 + 100,17$$

Após os cálculos, o valor obtido de q_i para o parâmetro de Nitrato Total, foi de:

$$q_i \text{ NO}_3 = 96,6$$

O valor foi, então, comparado com a curva desenvolvida por BROWN (1974, CETESB (2004) e MATTOS (1998), demonstrada na figura 25. A comparação confirmou o resultado encontrado.

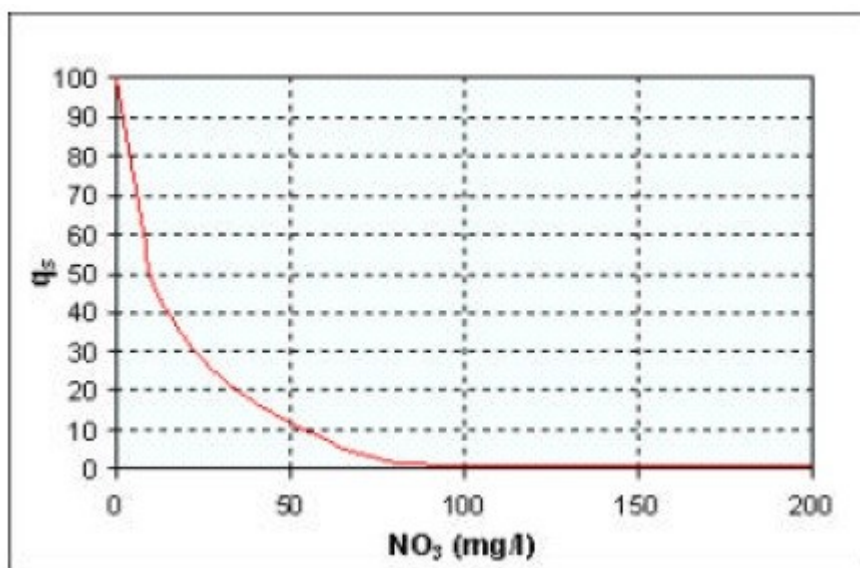


Figura 25 – Curva de Nitrato total.

5.2.1.6 Fosfato Total

A quantidade média de Fosfato Total obtido para o perímetro analisado do Rio Ligeiro foi de 1,0 mg/L P.

Para o cálculo de q_i para Fosfato Total, utilizou-se a seguinte fórmula:

Para $PO_4 < 10$ mg/L

$$q_i = 79,7 \times (PO_4 + 0,821) - 1,15$$

Após os cálculos, o valor obtido de q_i para o parâmetro de Fosfato Total, foi de:

$$q_i PO_4 = 39,85$$

O valor foi, então, comparado com a curva desenvolvida por BROWN (1974, CETESB (2004) e MATTOS (1998), demonstrada na figura 26. A comparação confirmou o resultado encontrado.

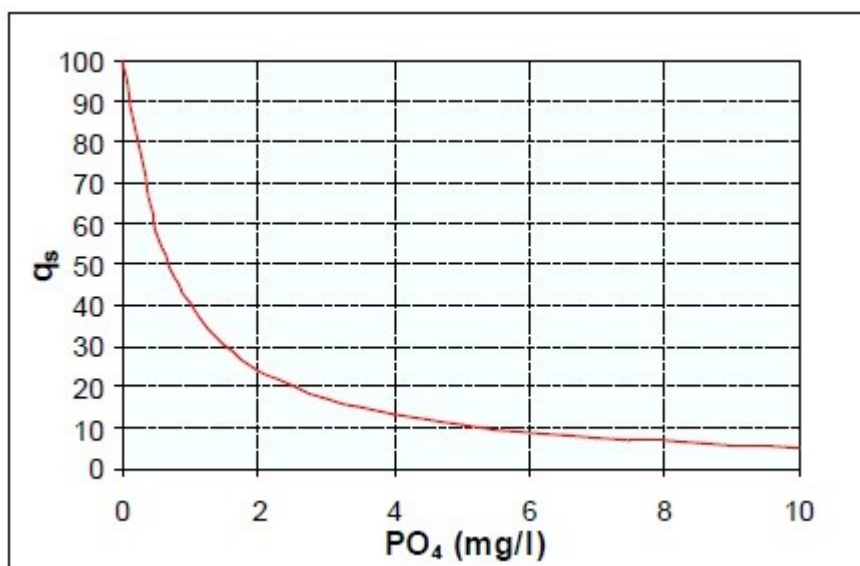


Figura 26 – Curva para Fósforo Total.

5.2.1.7 Turbidez

A quantidade média de Turbidez obtida para o perímetro analisado do Rio Ligeiro foi de 6,2 uT.

Para o cálculo de q_i para Turbidez, utilizou-se a seguinte fórmula:

Para Turbidez < 100 uT

$$q_i = 90,37 \times e^{(-0,0169 \times Tu)} - 15 \times \cos(0,0571 \times (Tu - 30)) + 10,22 \times e^{(-0,231 \times Tu)} - 0,8$$

Após os cálculos, o valor obtido de q_i para o parâmetro de Turbidez, foi de:

$$q_i Tu = 72,85$$

O valor foi, então, comparado com a curva desenvolvida por BROWN (1974, CETESB (2004) e MATTOS (1998), demonstrada na figura 27. A comparação confirmou o resultado encontrado.

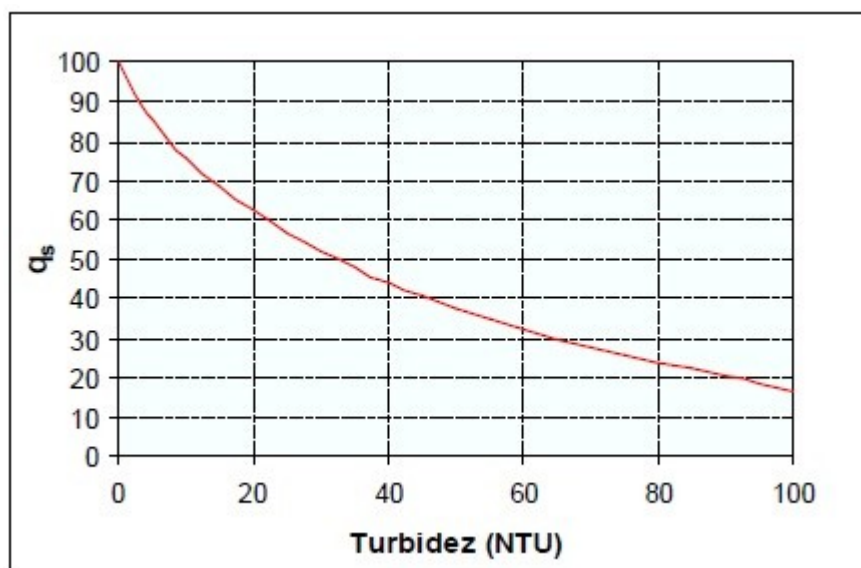


Figura 27 – Curva para Turbidez.

5.2.1.8 Sólidos Totais

A quantidade média de Sólidos Totais obtido para o perímetro analisado do Rio Ligeiro foi de 67,2 mg/L.

Para o cálculo de q_i para Sólidos Totais, utilizou-se a seguinte fórmula:

Para $ST < 600$ mg/L

$$q_i = 133,17 \times e^{-0,0027 \times ST} - 53,17 \times e^{-0,0141 \times ST} + [(-6,2 \times e^{-0,00462 \times ST}) \times \sin(0,0146 \times ST)]$$

Após os cálculos, o valor obtido de q_i para o parâmetro de Sólidos Totais, foi de:

$$q_i \text{ ST} = 89,76$$

O valor foi, então, comparado com a curva desenvolvida por BROWN (1974, CETESB (2004) e MATTOS (1998), demonstrada na figura 28. A comparação confirmou o resultado encontrado.

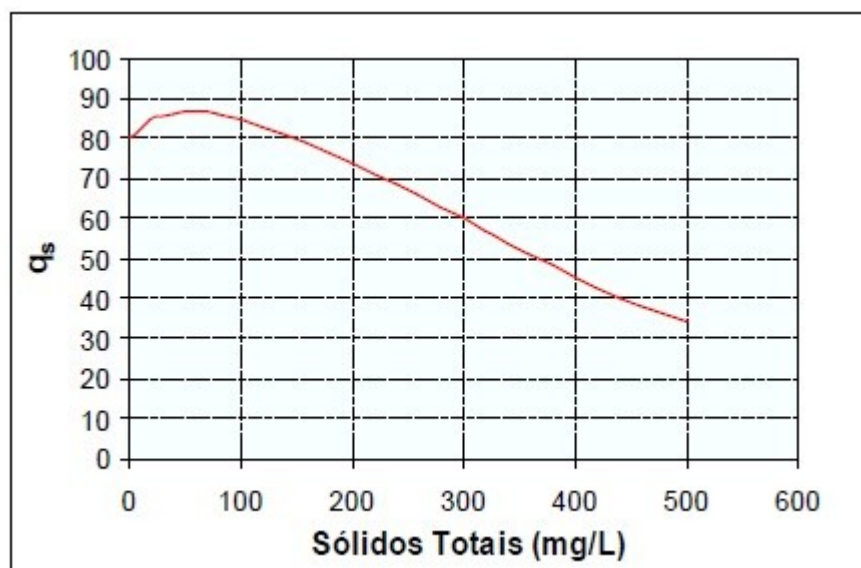


Figura 28 – Curva de Sólidos Totais.

5.2.1.9 Variação da Temperatura

Para o caso deste trabalho, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2005), os ambientes não recebem cargas térmicas elevadas, logo as equações de para o q_i de temperatura não condizem com a realidade brasileira, pois a variação da temperatura de equilíbrio é próxima de zero, então pode-se assumir:

$$q_i T = 93.$$

5.3 IQA PARA O RIO LIGEIRO

Utilizando-se a fórmula para o cálculo do IQA, através dos resultados de q_i e w_i obtidos, a fórmula ficou da seguinte maneira:

$$IQA = \sqrt[10]{68,70,17 \times 11,390,15 \times 86,760,12 \times 61,530,10 \times 96,60,10 \times 39,850,10 \times 72,850,08 \times 89,760,08 \times 930,10}$$

Desta forma, para o Rio Ligeiro em seu perímetro total analisado do município de Pato Branco, o rio recebeu um IQA médio de 53,40.

Com este resultado, é possível observar pela tabela 18, que o rio recebe um nível de qualidade considerado razoável, de acordo com a ANA (2014) para o estado do Paraná.

Tabela 18 – Avaliação da qualidade da água de acordo com o valor de IQA (ANA, 2014).

Nível de qualidade	Valor de IQA
Excelente	91 – 100
Bom	71 – 90
Razoável	51 – 70
Ruim	26 – 50
Péssimo	0 – 25

Foi realizado também um cálculo para se determinar o IQA do Rio Ligeiro em cada ponto de cada coleta realizada. A tabela 19 representa o IQA obtido para cada ponto de cada coleta, bem como o IQA médio de 53,40.

Tabela 19 – Valores de IQA para cada ponto em coleta realizada, e IQA médio para o município de Pato Branco.

Coleta	Ponto de coleta	IQA	Nível de qualidade
1	1	57,27	Razoável
1	2	52,46	Razoável
1	3	47,52	Ruim
2	1	55,09	Razoável
2	2	52,48	Razoável
2	3	49,31	Ruim
3	1	57,82	Razoável
3	2	54,37	Razoável
3	3	48,58	Ruim
4	1	61,57	Razoável
4	2	56,20	Razoável
4	3	49,93	Ruim
5	1	56,84	Razoável
5	2	54,65	Razoável
5	3	50,50	Razoável
6	1	58,11	Razoável
6	2	55,46	Razoável
6	3	50,78	Razoável

Pela análise da tabela 19, é possível analisar que, em todas as coletas realizadas nos pontos 1 e 2, a qualidade da água é razoável. Porém, no ponto 3, a qualidade da água se mostrou ruim nas coletas 1, 2, 3 e 4, mantendo-se razoável nas coletas 5 e 6.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados da análise química das amostras, em laboratório, é possível concluir que de acordo com a maioria dos parâmetros analisados, o Rio Ligeiro enquadra-se na resolução do CONAMA 357/05 (2005) como um rio de classe 2, porém, os valores de Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes estão enquadrados na classe 3 da resolução CONAMA 357/05 (2005). O mesmo conselho determina que, se algum dos valores dos indicadores analisados da água estiver acima do determinado para a classe, a mesma água se enquadra na classe seguinte, ou seja, apesar da maioria dos indicadores estarem de acordo com a classe 2, Fósforo Total e Coliformes termotolerantes estão de acordo com a classe 3 em todos os pontos analisados, logo, o Rio Ligeiro é um rio de água doce da classe 3 em todo o comprimento analisado neste estudo.

Desta forma, sendo o Rio Ligeiro de classe 3 em todo o perímetro analisado, a resolução CONAMA 357/05 (2005), determina que as águas de rios doces de classe 3 podem ser utilizada para as seguintes finalidades:

1. ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
2. a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
3. a pesca amadora;
4. a recreação de contato secundário; e
5. a dessedentação de animais

(CONAMA 357/05, 2005)

Porém, a resolução CONAMA 357/05 (2005), determina que: Para a dessedentação de animais não deverá ser excedido o limite de 1000 NMP.100mL-1 de Coliformes termotolerantes; para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 NMP.100mL-1; para os demais usos, não deverá ultrapassar o valor de 4000 NMP.100mL-1.

Desta forma, com base nos resultados obtidos de coliformes termotolerantes para o Rio Ligeiro, o abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado apenas é possível se a captação de água for realizada no ponto 1 de amostragem deste estudo. A irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, bem como a pesca amadora, também só é possível no ponto 1. Já a recreação de contato secundário e dessedentação de animais não é recomendada em nenhum dos pontos do rio analisados neste estudo.

O cálculo do IQA médio de 53,40 encontrado para o rio Ligeiro define o mesmo como de qualidade razoável. Porém, nos cálculos individuais de IQA, onde calculou-se o IQA de cada ponto em cada coleta realizada, o ponto 3 apresentou uma água de qualidade considerada ruim em 66,6% das amostras, ou seja, nas quatro primeiras coletas. Isto indica que no ponto 3, após o rio já ter cortado todo o espaço urbano de Pato Branco, o mesmo encontra-se mais poluído quando comparado aos pontos 1 e 2, concretizando que há despejo de efluentes não tratados diretamente no rio em pontos específicos não identificados da cidade.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Recomenda-se às autoridades competentes a continuidade das avaliações sobre o Rio Ligeiro, além de garantir o monitoramento adequado sob o despejo de material orgânico ou industrial sem tratamento nas águas do corpo hídrico, evitando-se assim que a qualidade da água se torne ainda pior.

É necessário que haja uma pesquisa ao longo de todo o perímetro urbano do Rio Ligeiro, buscando-se identificar os locais de despejo de efluente doméstico e industrial sem tratamento. Se estes locais forem impedidos de poluir o rio, a qualidade da água tende a melhorar.

REFERÊNCIAS

ALVES, L.; **Conceito de pH**. Brasil escola, Química, Físico-química, Equilíbrio químico, Disponível em: <http://www.brasilecola.com/quimica/conceito-ph.htm>, Acesso em: 12 mai. 2014.

ALVES, L.; **Oxigênio dissolvido na água**. Mundo educação, Química, Disponível em: <http://www.mundoeducacao.com/quimica/oxigenio-dissolvido-agua.htm>, Acesso em: 19 mai. 2014.

ALVES, L.; **Poluição da água**. Brasil escola, Química, Química ambiental, Disponível em: <http://www.brasilecola.com/quimica/poluicao-agua.htm>, Acesso em: 10 mai. 2014.

ARAÚJO, M.; **Coliformes**. Info Escola navegando e aprendendo, Biologia, Reino monera, Disponível em: <http://www.infoescola.com/reino-monera/coliformes/>, Acesso em: 19 mai. 2014.

Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, **Efeitos prejudiciais à saúde humana**, Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7254/1/F21-EFEITOS%20PREJUDICIAIS%20NA%20SA%C3%9ADE%20HUMANA.pdf>, Acesso em: 20 mai. 2014.

BARELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BENETTI, A.; BIDONE, F. **O meio ambiente e os recursos hídricos**. IN: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. Da Universidade/UFRGS/ABRH, 1995. p. 669.

BROWN, R. M. & McClelland, N. I.; **Up from chaos: the water quality index as an effective instrument in water quality management**. Michigan: National Sanitation Foundation. 1974. 27 p.

CALÇARÃO, L. M.; **Coliformes fecais como indicadores microbiológicos de contaminações nos alimentos**. Escritos dispersos, Disponível em: <http://escritosdispersos.blogs.sapo.pt/274228.html>, Acesso em: 19 mai. 2014.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. **Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan**, Nova Friburgo, RJ. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CERQUEIRA, W.; Poluição hídrica; **Brasil escola, Geografia, Geografia geral**, Disponível em: <http://www.brasilestela.com/geografia/poluicao-hidrica.htm>, Acesso em: 10 mai. 2014.

CETESB; **Cloreto**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Águas superficiais, Águas interiores, Variáveis, Variáveis químicas, Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/cloreto.pdf, Acesso em: 12 mai. 2014.

CETESB; **Índices de qualidade da água**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Água, Águas interiores, Documentos, Índice 01, Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/01.pdf>, Acesso em: 12 mai. 2014.

CETESB; **Oxigênio dissolvido**. Alterações físico-químicas, Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_oxigenio.php, Acesso em: 19 mai. 2014.

CETESB; **Relatório De Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2003/CETESB**. São Paulo: CETESB. 2004. 264 p.

CETESB; **Turbidez**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Águas superficiais, Águas interiores, Variáveis, Variáveis físicas, Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_fisicas/turbidez.pdf, Acesso em: 12 mai. 2014.

CHAPMAN, D.; **Water quality assessment: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. London: Chapman e Hall, 1996.

CONAMA; **Resolução nº 357**. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>, Acesso em: 13 mai. 2014.

CUNHA, Davi G. F.; GRULL, D.; DAMATO, M.; BLUM, J. R. C.; EIGER, S.; LUTTI, J. E. I.; MANCUSO, P. C. S.; **Contiguous urban rivers should not be necessarily submitted to the same management plan: the case of Tietê and Pinheiros Rivers (São Paulo-Brazil)**. An. Acad. Bras. Ciênc. [online]. 2011, vol.83, n.4, pp. 1465-1480. ISSN 0001-3765.

CONDUCTIVITY B. Laboratory Method, In: **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 19 ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, 1995, P.4-45 – 4-46

CONSTITUIÇÃO FEDERAL DE 1988; Art. 225. Disponível em: http://www.dji.com.br/constituicao_federal/cf225.htm, Acesso em: 07 mai 2014.

FARIA, C.; **Bacia Hidrográfica**; Info Escola navegando e aprendendo, Hidrografia, Disponível em: <http://www.infoescola.com/hidrografia/bacia-hidrografica/>, Acesso em: 09 mai. 2014.

FARIA, R.; PEDROSA, A.; **Impactos da Urbanização na Degradação do solo urbano e sua relação com o incremento de inundações urbanas em Santa Maria da Feira**; International Symposium in Land Degradation and Desertification, Uberlandia – MG, Mai 2005.

FENZL, N.; **Introdução a hidrogeoquímica**. Belém/PA:UFP,1988.

FRAZÃO, A.; **Escherichia coli**. Tua saúde, Disponível em: <http://www.tuasaude.com/escherichia-coli/>, Acesso em: 19 mai. 2014.

IBGE; **Mapa de biomas e vegetação**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>, Acesso em: 15 mai. 2014.

JABUR, A. S.; **Alterações hidrológicas decorrentes de mudança do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Alto Rio Ligeiro, Pato Branco – PR; Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**; Curitiba-PR, Jul 2010.

JABUR, A. S.; RIZZI, N. E.; **Avaliação Morfométrica Da Sub-Bacia Hidrográfica Do Rio Ligeiro, Pato Branco – Paraná**, Synergismus scyentifica UTFPR, Pato Branco, Abr. 2008.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. **Hidrologia de matas ciliares**. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

MACHADO, W. C. P.; **Indicadores da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Pato Branco**; Curso de Pós-Graduação em Geologia, Área de Concentração Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MACHADO, B. C.; **Avaliação da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização em série da Estação de Tratamento de Esgoto de Samambaia**, DF para o cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*). 2007. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF.

MATTOS, A. R. 1998.; **Índice de Qualidade de Águas para Bacia do Rio das Velhas Aspectos Metodológicos e Avaliação Qualitativa do Ambiente**. Belo Horizonte. 101p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Secretaria de Vigilância em Saúde**. Portaria MS, N. 518/2004. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

MOURA, V. M.; BRITO, S. M.O.; SILVA, A. B; **Avaliação dos Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água para Verificar o Estado de Conservação das Represas do Rio Ipitanga, Salvador, BA, Brasil**; Universidade Estadual de Feira de Santana, Avenida Transnordestina, S/N. Bairro Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana-BA, Brasil.

MULLER. A. C., **Introdução à Ciência Ambiental**; Curitiba – PUC-PR; uso didático. Págs. 67 a 73. 2014.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro; Guanabara, 1988.

OLIVEIRA, R.; **Fatores que afetam o pH de uma água**; Físico-química, Disponível em:

http://www.notapositiva.com/trab_estudantes/trab_estudantes/fisico_quimica/fisico_quimica_trabalhos/factoresafectamph.htm, Acesso em: 12 mai. 2014.

PINTO, M. C. F.; Manual Medição in loco: **Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido**. CPRM Serviço geológico do Brasil, Superintendência regional de Belo Horizonte, Mai. 2007.

POPE, M.L.; **Assessment of the Effects of Holding Time and Temperature on Escherichia coli Densities in Surface Water Samples**. Appl Environ Microbiol. October; 69(10): 6201–6207, 2003.

SANTIAGO, E.; **Poluição da água**. Info escola, Biologia, Ecologia, Disponível em: <http://www.infoescola.com/ecologia/poluicao-da-agua/>, Acesso em: 10 mai. 2014.

SEAB, **Precipitação pluviométrica regional**. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, Departamento de Economia Rural, 2014.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE; **Bacia hidrográfica**; Pacto das águas, Governo do Estado de São Paulo; 2014.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS; **IQA – Índice de Qualidade da Água**; Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=88>; Acesso em: 19 jul. 2016

SILVA, A. L. S.; **Turbidez da água**. Info escola, Química, Disponível em: <http://www.infoescola.com/quimica/turbidez-da-agua/>, Acesso em: 12 mai. 2014.

TUCCI, C. E. M.; **Gerenciamento integrado das inunda..es urbanas no Brasil**. Revista de Gestão de água da América Latina 1: 59–73; 2004.

TUCCI, C. E. M.; **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. da Universidade UFRGS ABRH, 1998. 669p.

UNESP; **Determinação de Cloretos: Método Argentométrico ou Método de Mohr**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bioquímica, Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/ib/bioquimica/ana.pdf>, Acesso em: 12 mai. 2014.

VALE, B. C.; HAIE, N. **Efeitos prejudiciais na saúde humana derivados por ingestão de nitratos na zona vulnerável nº.1 (Freguesias: Apúla, Fão) e na zona não vulnerável (Freguesias: Fonte Boa, Gandra, Gemeses, Rio Tinto)**.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M.; **Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP**. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46701997000100005; Acesso em: 19 jul. 2016.

VILLAS, M; BANDERALI, M.; **Como e porque medir a condutividade elétrica com sondas multiparâmetros?**; AgSolve As soluções sob medida em tecnologia ambiental, Dicas e soluções, Disponível em: <http://www.agsolve.com.br/dicas-e-solucoes/como-e-porque-medir-a-condutividade-eletrica-com-sondas-multiparâmetros>, Acesso em: 12 mai. 2014.

WHO; **Rolling Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, Nitrates and nitrites in drinking water, Draft for review and comments**, [Livro electrónico] Julho 2004. Disponível em www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/rnitrates/en/, Acesso em: 20 mai. 2014.