

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

EZEQUIAS DA LUZ

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO LIGEIRO NO MUNICÍPIO DE PATO
BRANCO - PR

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO
2018

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

EZEQUIAS DA LUZ

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO LIGEIRO NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO – PR**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO
2018

EZEQUIAS DA LUZ

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO LIGEIRO NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO – PR**

Dissertação Apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni
Coorientadora: Profa. Dra. Ticiane Sauer Pokrywiecki

PATO BRANCO
2018

L979m Luz, Ezequias da.
Monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro no município de Pato Branco - PR / Ezequias da Luz . -- 2018.
157 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni
Coorientadora: Profa. Dra. Ticiane Sauer Pokrywiecki
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Pato Branco, PR, 2018.
Bibliografia: f. 97 - 103.

1. Água - Qualidade. 2. Controle de qualidade da água. 3. Bacias hidrográficas. I. Tomazoni, Julio Caetano, orient. II. Pokrywiecki, Ticiane Sauer, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. IV. Título.

CDD 22. ed. 624

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



TERMO DE APROVAÇÃO Nº 19

Título da Dissertação

Monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro no município de Pato Branco-PR

Autor

Ezequias da Luz

Esta dissertação foi apresentada às 14 horas do dia 06 de abril de 2018, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL– Linha de pesquisa em Tecnologia Ambiental do Ambiente Construído, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. O autor foi arguido pela Banca Examinadora abaixo assinada, a qual, após deliberação, considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni
UTFPR/PB
Presidente

Profa. Dra. Rosana Cristina Biral Leme
UNIOESTE/FB
Examinadora

Profa. Dra. Ivane Benedetti Tonial
UTFPR/FB
Examinadora

Profa. Dra. Ticiane Sauer Pokrywiecki
UTFPR/FB
Examinadora

Visto da Coordenação

Prof. Dr. Ney Lyzandro Tabalipa
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil- PPGEC

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do PPGEC

Dedico este trabalho aos meus pais, Brandina e Antonio (*in memoriam*), e ao meu filho Antonio Carlos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais essa oportunidade e por ter colocado pessoas tão especiais ao meu lado, pois todos contribuíram para que eu chegasse até aqui.

A minha esposa Claudineia de Campos Chefre, a qual me auxiliou nos trabalhos de campo, e ao meu filho Antonio Carlos Chefre da Luz, pelo amor, carinho, compreensão e apoio.

A minha mãe Brandina de Oliveira da Luz, a qual além de me ajudar financeiramente me deu todo o apoio que precisei em todos os momentos, com muito amor, estendo meus agradecimentos a toda a minha família.

Ao meu orientador Dr. Júlio Caetano Tomazoni e minha coorientadora Dra. Ticiane Sauer Pokrywiecki, por todo o tempo dedicado, paciência, incentivo, para que eu buscasse sempre mais conhecimento, os quais confiaram em mim e me auxiliaram no decorrer desse trabalho que contribuíram muito para o alcance desse objetivo, minha referência profissional e pessoal para o meu crescimento na construção do conhecimento.

Agradeço aos senhores Valdomiro, Wilson e Valdecir por ceder a sua propriedade para realizar a pesquisa em campo, e ter confiado em mim quando permitiram que eu adentrasse os seus portões e disponibilizaram o seu tempo para acompanhar-me.

Aos meus colegas de mestrado, por os momentos divididos juntos, as angustias e as alegrias, as contribuições para melhorar o meu trabalho.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Pato Branco, pelo apoio financeiro para realizar as análises e aos professores e funcionários os quais contribuíram de forma significativa para a conclusão do mestrado, sendo cada um em sua função, mais todos sempre dispostos a ajudar em todos os momentos que solicitei.

Aos funcionários do Laboratório de Qualidade Agroindustrial (LAQUA) e do Laboratório para Garantia de Qualidade (LGQ), os quais realizaram as análises laboratoriais.

Também meus agradecimentos para a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro durante todo o período de permanência no mestrado.

Enfim, meus agradecimentos são a todos que de uma forma ou outra contribuíram em mais essa etapa em minha vida, obrigada a todos.

RESUMO

LUZ, Ezequias da. Monitoramento da Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Ligeiro no Município de Pato Branco – PR. 2018. 157 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

Este estudo teve como objetivo realizar o monitoramento da qualidade da água e a avaliação da capacidade de autodepuração da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro, desde uma das nascentes até a confluência com o Rio Chopim. Estabeleceram-se seis pontos de monitoramento (PM01 a PM06) ao longo do percurso. Foram realizadas coletas de amostras de água nas diferentes estações do ano de 2017, sendo que as amostras foram enviadas para avaliações dos seguintes parâmetros: temperatura, turbidez, sólidos totais, potencial de hidrogênio (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes. Além disso, foram realizadas as medições hidráulicas-hidrológicas em todos os PMs. De posse dos resultados das análises laboratoriais, comparou-se com os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, e calculou-se o Índice de Qualidade da Água (IQA), sendo calibrado o modelo QUAL-UFMG para a avaliação da capacidade de autodepuração. O monitoramento da qualidade da água indicou que alguns parâmetros, principalmente a DBO, não atendem às condições e padrões de qualidade estabelecidos na Resolução do CONAMA nº 357/2005 em quase todo o percurso do rio. Os melhores níveis de qualidade, com base no IQA, foram observados na estação de verão e outono, enquadrando-se no nível ótimo. Portanto, o IQA está relacionado às condições de vazão, tendo em vista que nas campanhas de baixa e alta pluviosidade foram encontrados os menores níveis de qualidade. Em relação à modelagem da qualidade da água na campanha de inverno, foi a que apresentou maior grau de deterioração da qualidade, com baixos níveis de OD e elevada concentração de DBO, (principalmente no trecho localizado após o perímetro urbano e do lançamento pontual de efluentes), indicando que no período de estiagem reduz-se a capacidade de diluição da água frente aos despejos de efluentes. Conclui-se que o Rio Ligeiro se encontra deteriorado desde a nascente e que a sua capacidade de autodepuração apresenta condições críticas no período de menor vazão. Desse modo, medidas preventivas e corretivas devem ser implementadas no controle da qualidade da água.

Palavra-chave: Qualidade da água; Autodepuração; Rio Ligeiro; QUAL-UFMG.

ABSTRACT

LUZ, Ezequias da. Monitoring of the Water Quality of the hydrographic basin of Ligeiro River located in Pato Branco city - PR. 2018. 157 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

The objective of this study it was to monitor water quality and to evaluate the self-depuration capacity of hydrographic basin of the Ligeiro River, from the one of its sources until the confluence with the Chopim River. It was established six monitoring points (PM01 to PM06) along of the route. Samples collecting were realized in the different seasons of the year 2017, and they were sent to the laboratory for analysis of the following parameters: temperature, turbidity, total solids, potential of hydrogen (pH), oxygen biochemical demand (BOD), dissolved oxygen (DO), total nitrogen, total phosphorus and thermotolerant coliforms. In addition, the hydraulic-hydrological measurements were performed in all PMs. Based on the results of the laboratory analyses, they were compared with the quality standards established by National Council of Environment (CONAMA, in Portuguese) n° 357/2005, also being calculated the Water Quality Index (WQI) and done the calibration of the QUAL-UFMG, namely the model that was used to evaluate the self-depuration capacity. The monitoring of water quality indicated that some parameters, principally the BOD, don't meet to the conditions and quality standards established by CONAMA Resolution n° 357/2005 in almost all the river course. Based on the WQI, the highest levels of quality were observed in the summer and autumn season, being framed at an optimum level. Therefore, the WQI is related to the flow conditions, considering that the lower quality levels were found in the campaigns related to the low and high rainfall. In relation to the modelling of water quality in the winter season, it was one that presented the highest degree of quality deterioration, with low levels of DO and high concentration of BOD, mainly in the stretch located after the urban perimeter and of point release of effluents, indicating that, in the period of drought, the dilution capacity of water is reduced in relation to the effluent discharges. It concludes that the Ligeiro River is deteriorated from its source, and that its self-depuration capacity presents critical conditions in the period of lower flow. That way, preventive and corrective measures must be implemented in the control of water quality.

Key-words: Water quality; Self-depuration; Ligeiro River; QUAL-UFMG.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curvas médias de cada parâmetro para determinação do IQA.	20
Figura 2 – Zonas de autodepuração de um corpo hídrico a partir do lançamento de efluentes.	33
Figura 3 – Planilhas do programa QUAL-UFMG.....	44
Figura 4 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro.....	47
Figura 5 – Perfil longitudinal do Rio Ligeiro.	48
Figura 6 – Precipitação mensal do município de Pato Branco no período de 1979 a 2016	49
Figura 7 – Diagrama unifilar e perfil longitudinal do rio da área de estudo.	51
Figura 8 – Mapa de localização dos PM, localização da área urbana e bacia hidrográfica do Rio Ligeiro.....	53
Figura 9 – Desenho esquemático de cálculo do método de meia seção.	56
Figura 10 – Largura do rio nos PM no período de monitoramento.	67
Figura 11 – Profundidade média calculada do rio nos PM no período de monitoramento.	68
Figura 12 – Velocidade média calculada do rio nos PM no período de monitoramento.	68
Figura 13 – Vazão calculada do rio nos PM no período de monitoramento.	68
Figura 14 – Resultados da temperatura do ar (°C) para cada PM nas diferentes estações do ano.	71
Figura 15 – Resultados da temperatura da água (°C) para cada PM nas diferentes estações do ano.	72
Figura 16 – Resultados de turbidez (uT) para cada PM nas diferentes estações do ano.	73
Figura 17 – Resultados de sólidos totais (mgL ⁻¹) para cada PM nas diferentes estações do ano.	74
Figura 18 – Resultados de pH para cada PM nas diferentes estações do ano.	76
Figura 19 – Resultados de DBO ₅ (mgL ⁻¹) para cada PM nas diferentes estações do ano.	77
Figura 20 – Resultados de OD (mgL ⁻¹) para cada PM nas diferentes estações do ano.	79
Figura 21 – Resultados de nitrogênio total (mgL ⁻¹) para cada PM nas diferentes estações do ano.	80
Figura 22 – Resultados de fósforo total (mg L ⁻¹) para cada PM nas diferentes estações do ano.	81
Figura 23 – Resultados de coliformes termotolerantes (NMP100 ⁻¹ mL ⁻¹) para cada PM nas diferentes estações do ano.	82
Figura 24 – Valores do IQA nos PM no período de monitoramento.	84
Figura 25 – Vazão x distância do Rio Ligeiro no modelo QUAL-UFMG referente à campanha de verão.....	87
Figura 26 – Vazão x distância do Rio Ligeiro no modelo QUAL-UFMG referente à campanha de outono.	87
Figura 27 – Vazão x distância do Rio Ligeiro no modelo QUAL-UFMG referente à campanha de inverno.	87
Figura 28 – Perfis das concentrações de DBO ₅ e OD simulados no modelo QUAL-UFMG. .	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação do nível de qualidade da água baseado no IQA-Cetesb	22
Tabela 2 – Valores típicos do coeficiente de desoxigenação (K_1), base e a 20 °C, condições laboratoriais.	37
Tabela 3 – Valores médios do coeficiente de reaeração (K_2), na base e, 20° C.....	39
Tabela 4 – Faixas de aplicabilidade para obtenção dos valores de K_2	40
Tabela 5 – Campanhas, datas e horário das coletas nos PM.	58
Tabela 6 – Equações de cálculo pra obtenção dos valores de q_j	60
Tabela 7 – Valores típicos dos coeficientes de remoção de DBO.....	64
Tabela 8 – Parâmetros monitorados, condições e padrões para rios de Classe 2.	66
Tabela 9 – Empreendimentos que realizam lançamento de efluentes no Rio Ligeiro.	86
Tabela 10 – Características hidráulicas de cada trecho de modelagem.....	86
Tabela 11 – Coeficiente de reaeração (K_2) calibrados para cada trecho de modelagem.....	88
Tabela 12 – Coeficiente de Nash- Sutcliffe (NSE) para a calibração da modelagem da qualidade da água.	89
Tabela 13 – Coeficiente de remoção de DBO_5 calibrados para cada trecho de modelagem....	90

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA	12
3 OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GERAL.....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	15
4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	17
4.2.1 Índice de Qualidade da Água (IQA).....	19
4.3 AUTODEPURAÇÃO	31
4.3.1 MODELAGEM DE AUTODEPURAÇÃO	35
4.3.1.1 Modelo Streeter-Phelps	36
4.3.1.2 Modelo QUAL-UFGM.....	41
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	47
6 METODOLOGIA.....	50
6.1 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTOS E TRECHOS	50
6.2 DADOS HIDROLÓGICOS DO CURSO DE ÁGUA	54
6.3 FREQUÊNCIAS E COLETAS DAS AMOSTRAS	58
6.4 PARÂMETROS E ANÁLISES	59
6.5 CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....	60
6.6 MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	61
6.6.1 Captação de água e lançamento de efluentes no Rio Ligeiro	62
6.6.2 Determinação da vazão incremental linear.....	63
6.6.3 Coeficientes de remoção de DBO	64
6.6.4 Coeficiente de reaeração (K_2).....	64
6.6.5 Calibração do modelo.....	64
6.7 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PERANTE A LEGISLAÇÃO.....	65
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
7.1 DADOS HIDROLÓGICOS	67
7.2 ANÁLISE DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	71
7.2.1 Temperatura do ar e da água	71
7.2.2 Determinação da turbidez.....	72

7.2.3 Determinação dos sólidos totais	74
7.2.4 Determinação do potencial de hidrogênio (pH)	75
7.2.5 Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅)	77
7.2.6 Determinação do oxigênio dissolvido (OD).....	78
7.2.7 Determinação do nitrogênio total	79
7.2.8 Determinação do fósforo total'	80
7.2.9 Determinação dos coliformes termotolerantes	82
7.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....	83
7.4 MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	85
7.4.1 Captação de água e lançamento de efluentes no Rio Ligeiro.....	85
7.4.2 Características hidrológicas	86
7.4.3 Coeficientes de reaeração (K ₂)	88
7.4.4 Coeficientes de remoção de DBO ₅	89
7.4.5 Avaliação da capacidade de autodepuração do Rio Ligeiro.....	90
8 CONCLUSÕES.....	95
REFERÊNCIAS	97
ANEXO A – LAUDOS DAS ANÁLISES FÍSICO, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIGEIRO.....	104

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência dos seres vivos (BRAGA et al., 2005), devendo estar disponível em quantidade e qualidade adequada.

Um dos fatores que altera a quantidade e qualidade da água refere-se ao crescimento populacional, pois isso demanda consumo de água para diversas atividades, como o aumento de áreas agrícolas e o despejo de efluentes, sejam eles de origem industrial, rural e/ou urbana.

Os efluentes que chegam aos rios muitas vezes são de difícil decomposição pelos microrganismos aquáticos e dessa forma o limnóciclo fica comprometido e a água torna-se imprópria ao uso nobre, como consumo humano.

Na bacia hidrográfica do Rio Ligeiro, Pato Branco – PR, Watthier et al. (2008), Jabur (2010), Pizato (2011) e Heinz et al. (2016) diagnosticaram que a qualidade da água do alto da bacia hidrográfica encontra-se alterada. Essa alteração tem como fatores principais o lançamento de efluentes clandestinos, efluentes da estação de tratamento de efluente (ETE) da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), efluentes industriais, depósitos irregulares de resíduos sólidos nas margens e a ausência de áreas de preservação.

Diante desse cenário, o presente estudo busca por responder as seguintes questões: *O Rio Ligeiro apresenta capacidade de autodepuração? E qual a situação atual da qualidade da água desde a nascente até a foz com o Rio Chopim?*

Visando responder a essas questões, a bacia hidrográfica do Rio Ligeiro foi utilizada como unidade de estudo. Para o desenvolvimento desse estudo, foram selecionados seis pontos de monitoramento para a coleta de amostras de água. As coletas foram realizadas nas diferentes estações do ano. O monitoramento compreendeu desde uma das nascentes do Rio Ligeiro até a sua foz com o Rio Chopim. A partir da obtenção dos dados de campo e dos resultados de análises laboratoriais calculou-se o IQA e aplicou-se o modelo matemático QUAL-UFMG para avaliar a capacidade de autodepuração. No modelo QUAL-UFMG é possível realizar a modelagem, ao longo do rio, de: oxigênio dissolvido (OD); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); nitrogênio total e suas frações, fósforo total e suas frações; coliformes termotolerantes.

A partir da modelagem foi possível identificar os trechos que atendem aos padrões e condições de qualidade perante a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, assim como os pontos críticos de poluição e se o rio apresenta capacidade de suporte até a sua foz.

2 JUSTIFICATIVA

A disponibilidade da água, quantidade e qualidade, é essencial para a sobrevivência, sendo considerada como um fator limitante para o desenvolvimento de uma região. Diante desse aspecto, a água tem se tornado um dos principais recursos do planeta. Embora, a água, seja considerada renovável a sua disponibilidade pode se tornar escassa em função de degradação pelas atividades antropogênicas.

A alteração da disponibilidade de água das bacias hidrográficas está intimamente relacionada com as condições de uso e ocupação do solo e dos lançamentos de efluentes, sejam eles pontuais ou difusos, resultando na degradação dos recursos hídricos.

A bacia hidrográfica do Rio Ligeiro enquadra-se neste cenário, sendo que as classes de uso e ocupação do solo referem-se a áreas urbanas, atividades agrícolas e industriais. O uso e ocupação do solo caracterizam-se por atividades agrícolas e industriais localizam-se, na grande maioria, a jusante da área urbana com lançamentos de efluentes de algumas atividades industriais. Portanto, pode-se inferir que o Rio Ligeiro sofre pressões de diversas atividades humanas, tais como diluição e transporte de efluentes de esgoto sanitário e industrial, além do escoamento superficial das áreas urbanas e agrícolas.

Diante das pressões exercidas na bacia hidrográfica do Rio Ligeiro, esta já foi objeto para diversos estudos, tais como: avaliação da influência da vegetação na estabilidade de taludes (TABALIPA; FIORI, 2008a); influência dos ventos na estabilidade de taludes (TABALIPA; FIORI, 2008b); alterações hidrológicas decorrentes da mudança de uso e ocupação do solo (JABUR, 2010); estimativa de vazão máxima e capacidade de saturação hídrica (JABUR; RIZZI, 2011); caracterização dos solos na estabilidade de taludes (TABALIPA; FIORI, 2012); e avaliação da qualidade da água (WATTHIER et al., 2008; PIZATO, 2011; HEINZ et al., 2016); entre outros.

Os estudos realizados referentes à qualidade da água do Rio Ligeiro, até a presente data, referem-se ao alto da bacia hidrográfica. Nos estudos de avaliação da qualidade da água, os autores verificaram que as águas não atendem, em sua totalidade, os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução do CONAMA nº 357/2005. Segundo os autores, o Rio Ligeiro pode estar recebendo o despejo de efluentes domésticos clandestinos, tendo em vista a presença de coliformes termotolerantes e a elevada concentração de matéria orgânica.

Com base nesse contexto, verifica-se que, até o presente momento, não foram realizados estudos com abordagem no monitoramento da qualidade da água que compreendesse desde uma das nascentes até a foz com o Rio Chopim e tampouco trabalhos

frente às fontes pontuais de lançamentos de efluentes para o conhecimento da variação espaço temporal da qualidade da água. Portanto, estudos que englobe toda a bacia hidrográfica assim como a utilização de instrumentos e/ou ferramentas que possibilitem a avaliação dos impactos frente aos lançamentos de efluentes são essenciais, pois auxiliam os gestores na tomada de decisão quanto aos usos deste recurso hídrico, de forma a prevenir a degradação ou de recuperação da qualidade ambiental desse meio.

Uma das ferramentas utilizadas para o conhecimento das oscilações espaço temporal das condições de qualidade da água têm sido os modelos matemáticos. Com a aplicação dos modelos é possível diagnosticar, representar e simular cenários a partir de lançamentos de efluentes em um curso de água e, a partir disso, analisar a capacidade de autodepuração e verificar o atendimento aos padrões de qualidade.

Um dos modelos matemáticos amplamente utilizados no Brasil tem sido o modelo QUAL-UFMG, desenvolvido por Sperling (2014) na plataforma *Excel* com base no modelo QUAL-2E, para o planejamento e tomada de decisão quanto ao gerenciamento dos recursos hídricos. Com esse modelo é possível modelar a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total e suas frações, fósforo total e suas frações e coliformes termotolerantes ou *Escherichia coli*, ou somente um desses parâmetros.

Portanto, o uso dos modelos matemáticos possibilita prever as reações que podem estar ocorrendo ao longo do trecho e assim subsidiar aos tomadores de decisão para a aplicação de medidas de controle frente às fontes de poluição.

A partir desse estudo espera-se, em um único documento, apresentar o comportamento espaço temporal das águas do Rio Ligeiro e a situação atual da qualidade da água, principalmente, em relação à capacidade de suporte objetivando a preservação da comunidade aquática. Além disso, servir como um instrumento de subsídio de planejamento, gestão e controle dos recursos hídricos oriundos das atividades urbanas e industriais.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o estudo da qualidade da água como subsídio para a avaliação da capacidade de autodepuração, da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro, município de Pato Branco – PR, por meio de modelagem matemática.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Selecionar pontos de monitoramento (PM) de qualidade da água;
- Realizar análises de parâmetros físicos (temperatura, turbidez e sólidos totais), químicos (potencial de hidrogênio, OD, DBO, fósforo total e nitrogênio total) e biológicos (coliformes termotolerantes) nos PM compreendendo as diferentes estações do ano de 2017;
- Efetuar o monitoramento fluviosedimentométrico nos PM;
- Calcular o Índice de Qualidade da Água (IQA);
- Determinar os coeficientes de entrada do modelo matemático QUAL-UFGM, tais como o de desoxigenação, decomposição, sedimentação e reaeração;
- Aplicar o modelo matemático QUAL-UFGM para avaliar a capacidade de autodepuração do Rio Ligeiro;
- Calibrar o modelo QUAL-UFGM, para o parâmetro OD e DBO para as diferentes campanhas de monitoramento;
- Verificar o atendimento aos padrões de qualidade da água estabelecidos na Resolução do CONAMA nº 357/2005;
- Verificar o atendimento da qualidade da água para consumo humano na nascente, perante a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A Resolução do CONAMA nº 357/2005 define monitoramento como a “medição e verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água” (BRASIL, 2005, p. 3).

O monitoramento tem como finalidade a obtenção da visão do conjunto da qualidade da água, a partir da coleta e análises da água compreendendo variações espaciais e temporais (DERISIO, 2007), de forma a auxiliar na gestão dos recursos hídricos para a conservação e uso futuro (PIERONI et al., 2015).

Na realização do monitoramento da qualidade da água é essencial a consulta às normas técnicas, as quais auxiliam no planejamento e na orientação das condições de coleta, preservação e análises. Neste sentido, as normas aplicadas ao monitoramento dos rios referem-se Norma Brasileira (NBR) 9897 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1987a) e NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (ABNT, 1987b).

Derisio (2007), apresenta que para a realização de monitoramento deve ser realizada uma sequência de etapas, tais como: definição dos objetivos da amostragem; seleção dos parâmetros; localização dos pontos de monitoramento; número de amostras; frequência de amostragem; seleção dos métodos analíticos; seleção do método de coleta; seleção das técnicas de preservação e aplicação do método de controle de qualidade da água.

A NBR 9897/1987 destaca que a primeira etapa do monitoramento a ser definida refere-se aos objetivos do monitoramento, associando a disponibilidade de recursos financeiros, humanos e equipamentos (ABNT, 1987a).

Os objetivos do monitoramento podem ser: estudos específicos, como por exemplo, determinar o impacto de uma fonte de poluição; calibração de modelos, realizado para a obtenção de dados hidrológicos e de qualidade da água e dos efluentes; acompanhamento periódico da qualidade da água, gerando um banco de dados com relatórios da qualidade da água que são convertidos em índices para entendimento ao público em geral; avaliação de atendimento à legislação, verificação do atendimento aos padrões estabelecidos na legislação; controle operacional, aplicado especificamente a estações de tratamento, em

que os parâmetros retratam o funcionamento de cada etapa do processo; estudos emergenciais, aplicado quando da ocorrência de acidentes ambientais (SPERLING, 2014).

Com base nos objetivos do monitoramento os pontos de coleta poderão ser locados. Para isso, é essencial a utilização de mapas e imagens aéreas em escalas compatíveis com a área de estudo, pois facilita a seleção e a distribuição de pontos representativos. Os pontos de monitoramento, normalmente, são locados com o intuito de identificar as fontes de poluição ou de verificar se a qualidade da água é adequada para determinado uso. Neste aspecto, seleciona-se um ponto de monitoramento de preferência sem interferência humana, que servirá como um ponto de controle (BENETTI; BIDONE, 2009).

De acordo com a NBR 9897 (ABNT, 1987a) não existe uma regra geral para a localização dos pontos de monitoramento. No entanto, as características hidráulicas do curso de água, velocidade e vazão, são os fatores essenciais quando do monitoramento, pois a vazão influencia na qualidade da água, homogeneização da concentração dos poluentes na seção e são parâmetros de entrada nos modelos matemáticos (ABNT, 1987a; DERISIO, 2007). Portanto, com base nestes fatores, os pontos preferencialmente deverão situar-se próximos às estações fluviométricas ou em locais que seja possível realizar o seu monitoramento na hora de coleta. Além disso, os pontos devem ser de fácil acesso e manuseio dos equipamentos, evitando realizar coletas próximas das margens internas de curvas, águas estagnadas e de refluxo (ABNT, 1987a).

O número de amostras e a frequência de amostragem podem ser determinados por métodos estatísticos. No entanto, a utilização desses métodos pode refletir diretamente na disponibilidade dos recursos financeiros e operacionais (DERISIO, 2007).

A NBR 9897 orienta que as amostragens devem abranger os períodos de vazões críticas (ABNT, 1987a). A seleção dos parâmetros a serem analisados é determinada de acordo com o objetivo do estudo, considerando o tipo de uso da bacia hidrográfica, fontes de poluição e os recursos financeiros (SPERLING, 2014).

No Estado do Paraná existem 164 estações de monitoramento da qualidade da água, distribuídas nas 16 bacias hidrográficas. A Bacia do Iguaçu, na qual o Rio Ligeiro pertence, possui 95 estações de monitoramento da qualidade da água (PARANA, 2017). Das 95 estações da Bacia do Iguaçu, operadas pelo Instituto de Águas do Paraná, seis localizam-se no município de Pato Branco, destas apenas duas possuem registros disponíveis dos parâmetros monitorados, sendo que os registros de referem-se ao período de 2003 à 2006 (PARANÁ, 2018).

4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água pode ser identificada pelo conjunto de parâmetros que representam as características físicas, químicas e biológicas, sendo que quando mantidas dentro de certos limites determinam o seu uso estabelecido ou pretendido (CARVALHO et al., 2016). Os usos principais da água são: abastecimento doméstico e industrial; irrigação; dessedentação de animais; aquicultura; preservação da fauna e da flora; recreação e lazer; harmonia paisagística; geração de energia elétrica; navegação; transporte e diluição de despejos (SPERLING, 1996).

As características físicas referem-se, principalmente, à presença de sólidos e de gases. As características químicas às impurezas orgânicas e inorgânicas e as características biológicas à presença de organismos, vivos ou mortos (SPERLING, 2014).

Em função da capacidade de dissolução das substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo a água encontrada na natureza não é pura, e sim uma dissolução aquosa que contém em diferentes proporções sais, gases e matéria orgânica (BENETTI; BIDONE, 2009). Portanto, as condições naturais, como clima, geologia, precipitação, intemperismo, tipo de solo e erosão, e as atividades antropogênicas, tais como lançamentos de efluentes domésticos e industriais, aplicação de agroquímicos, práticas agrícolas, disposição de resíduos sólidos entre outros, determinam a qualidade da água de uma bacia hidrográfica (SPERLING, 2014). Sendo assim a poluição das águas é resultante principalmente pelas atividades antropogênicas, tendo em vista que os lançamentos de efluentes domésticos e industriais tendem a ser constantes, enquanto que a poluição por processos naturais, escoamento superficial, apresenta sazonalidade em função das condições climáticas (SUNDARAY et al., 2006). Santos et al. (2016) destacam que a escassez de recursos hídricos brasileiros é realidade da região Nordeste, enquanto que a degradação ocorre em todas as regiões.

A avaliação da qualidade da água pode ser realizada comparando os resultados de análises com padrões estabelecidos em normas e legislações, de acordo com o enquadramento do corpo de água. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 375/2005 apresenta a classificação dos corpos hídricos e estabelece as condições e padrões de qualidade (BRASIL, 2005). Diante dos diversos usos da água, constantes estudos vêm sendo aplicados na avaliação da qualidade da água em diferentes bacias hidrográficas de forma a diagnosticar e prever cenários futuros.

Jabur (2010) no estudo do alto da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro, município de Pato Branco, verificou que o índice de poluição apresenta-se elevado desde a nascente.

Segundo a autora, o corpo hídrico recebe o despejo de efluentes com elevada carga orgânica, comprovado pela alta concentração de DBO, condutividade elétrica e fósforo além da presença de coliformes termotolerantes.

Silvério et al. (2011) analisaram o Rio Passo da Pedra, afluente do Rio Ligeiro no município de Pato Branco, e concluíram que o mesmo encontra-se poluído desde a nascente. Identificou-se, no estudo, a elevada presença de coliformes totais, o que pode indicar poluição pelo lançamento de efluentes domésticos e/ou de fossas sépticas inadequadas e/ou, ainda, de despejo de dejetos de animais. Os autores ressaltam que para obter resultados mais conclusivos seria de grande importância a realização de monitoramentos que abrangesse as diferentes estações do ano, tendo em vista que as precipitações podem alterar os níveis de qualidade das águas superficiais.

Schneider et al. (2011) e Oliveira et al. (2014a) avaliaram a qualidade da água de bacias hidrográficas com uso e ocupação distintas, identificaram que as de uso e ocupação predominantemente urbana apresentaram maior potencial de degradação em relação às bacias com atividades agrícolas. Segundo os autores, essa degradação está relacionada aos lançamentos de efluentes de origem doméstica e das atividades urbanas e industriais. Já nos estudos realizado por Buzelli e Cunha-Santino (2013) e Alves et al. (2017) em outras bacias hidrográficas, identificaram que as que possuíam uso e ocupação por agricultura foram as que mais contribuíram para a alteração da qualidade da água, sendo que tais alterações, para os autores, estão relacionadas com as práticas agrícolas desenvolvidas.

Rodrigues; Tomazoni e Guimarães (2015) avaliaram a qualidade da água do manancial de abastecimento, bacia hidrográfica do Rio Capivara, município de São João, Paraná. Os resultados encontrados mostraram que os valores dos parâmetros avaliados foram próximos aos padrões de qualidade para rios de água doce da Classe 2.

Medeiros et al. (2016) com o objetivo de caracterizar a qualidade da água do Riacho da Bica, Portalegre, Rio Grande do Norte, realizaram a coleta de amostras de água em diferentes pontos. Os autores verificaram que a qualidade da água é alterada à medida que desce a vertente. Concluíram que as alterações estão relacionadas às atividades antrópicas, e que medidas de controle efetivo das fontes de contaminação podem alterar esse cenário.

Portanto, tendo como base esses estudos, percebe-se que cada bacia hidrográfica possui sua particularidade e que os diferentes usos e ocupações podem apresentar maior ou menor potencial de degradação, principalmente quando não planejados e manejados de acordo com as características de solo, vegetação, relevo, entre outros.

4.2.1 Índice de Qualidade da Água (IQA)

A avaliação da qualidade da água é um instrumento de grande importância no gerenciamento dos recursos hídricos. Porém, a avaliação dos dados pode ser complexa, pelo fato de envolver uma infinidade de parâmetros (físicos, químicos e biológicos) de difícil interpretação entre eles. Diante disso, com o objetivo de tornar uma interpretação sintetizada diversos índices de qualidade da água foram desenvolvidos e vem sendo utilizados por pesquisadores para o conhecimento da qualidade das águas (CARVALHO et al., 2016).

Um dos índices de qualidade da água (IQA) mundialmente utilizado foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF), Estados Unidos da América (EUA), sendo conhecido como IQA-NSF (CARVALHO et al., 2016), que a partir de um número retrata as condições de qualidade da água de um ponto de interesse, permitindo, assim, a comunicação e compreensão direta ao público em geral (OLIVEIRA et al., 2014b).

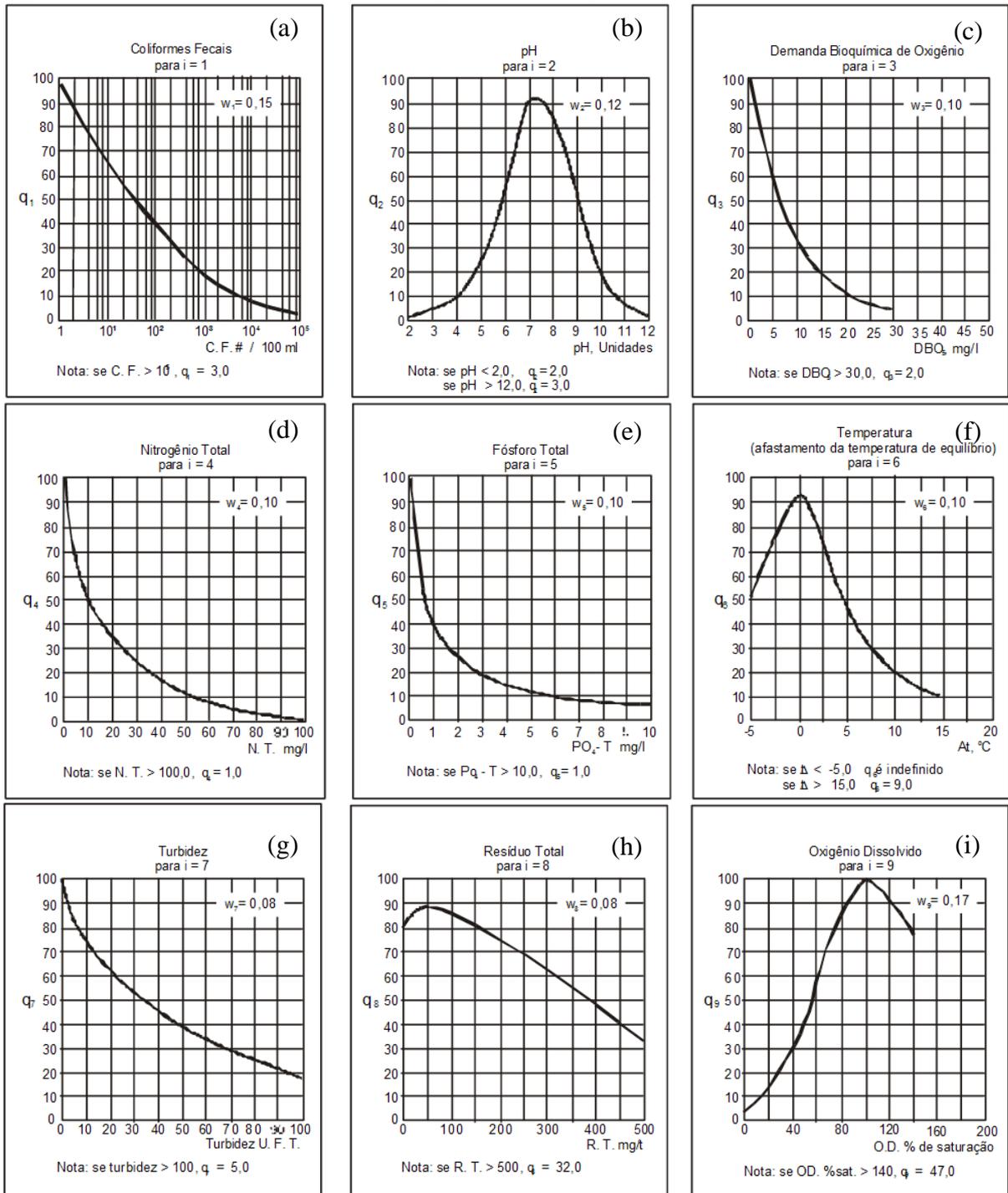
O IQA-NSF foi desenvolvido a partir de uma pesquisa de opinião, utilizando a técnica Delphi, junto a especialistas de qualidade da água para a definição dos parâmetros que deveriam compor este índice. A partir dessa pesquisa, definiu-se a utilização de nove parâmetros com peso relativo de importância para cada variável. Posteriormente, foram elaboradas curvas que representassem a variação da qualidade da água para cada parâmetro (OLIVEIRA et al., 2014b).

Os parâmetros que compõem o IQA-NSF referem-se a parâmetros físicos químicos e microbiológicos, sendo: temperatura com peso de 10%, sólidos totais com peso de 8%, turbidez com peso de 8%, OD com peso de 17%, DBO com peso de 10%, fósforo total com peso de 10%, nitrato com peso total de 10%, potencial de hidrogênio (pH) com peso de 12% e coliformes termotolerantes com peso de 15% (LIBÂNIO, 2010). O somatório dos pesos que compõem este índice é igual a um, ou seja, 100%.

Para cada parâmetro gerou-se curvas médias para representar a variação da qualidade (q) com valores entre 0 a 100. Valores próximos de 100 representam condições ideais, já valores próximos de 0 representam a pior situação.

Na Figura 1 encontram-se apresentadas às curvas médias para cada parâmetro que compõe o IQA.

Figura 1 – Curvas médias de cada parâmetro para determinação do IQA.



Fonte: CESTESB (2017).

No Brasil o IQA-NSF foi modificado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), sendo que o parâmetro nitrato foi substituído por nitrogênio total, sendo conhecido como IQA-CETESB. Tal modificação se deu em função que a maioria dos rios brasileiros recebe efluentes de origem doméstica, e dessa forma pode refletir a descarga desses efluentes ou de outras substâncias orgânicas (BATISTA; CABRAL, 2017).

A curva (a) da Figura 1 representa a variação da qualidade para coliformes termotolerantes, curva (b) para pH, curva (c) para DBO, curva (d) para nitrogênio total, curva (e) para fósforo total, curva (f) para a diferença de temperatura, curva (g) para turbidez, curva (h) para sólidos totais e por fim a curva (i) para OD.

Analisando os pesos dos parâmetros que compõem o IQA observa-se que o OD é considerado como o de maior importância. Outro fator a ser analisado refere-se à sobreposição de parâmetros, como a DBO e OD, sólidos totais e turbidez, pois estes fornecem informações semelhantes em termos de qualidade da água. Contudo, estes parâmetros retratam a poluição por esgotos sanitários, materiais orgânicos e sólidos (ALVES et al., 2012; SANTOS et al., 2016), que são as principais fontes de poluição dos rios localizados na área urbana (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008).

Analisando as curvas médias dos parâmetros coliformes termotolerantes (a), DBO (c), nitrogênio total (d), fósforo total (e) e turbidez (g) da Figura 1, observa-se que as notas de “q” máximas são obtidas quando a concentração apresenta o menor valor e à medida que a concentração aumenta os valores de “q” tendem a 0. Na análise das curvas para o parâmetro pH (b), OD (i), sólidos totais (h) e diferença de temperatura (f) da Figura 1, verifica-se que as notas máximas de “q” são obtidas em pontos específicos, sendo que a variação da concentração em torno desses pontos ocorre a diminuição da respectiva nota.

O IQA é calculado a partir do produto ponderado dos nove parâmetros, conforme apresentado na Equação (1) (SPERLING, 2014).

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

Onde:

IQA = Índice de Qualidade da Água (número entre 0 e 100);

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido das respectivas curvas em função da concentração ou medida;

w_i = peso relativo correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1;

i = número do parâmetro, variando entre 0 e 9, ou seja o número que compõe o número total de parâmetros.

A partir dos valores obtidos do cálculo do IQA obtém-se valores entre 0 e 100, após relaciona-se estes valores a níveis de qualidade, variando de péssima a ótima, associando

a uma respectiva cor de referência. Valores próximos de 100 indicam níveis de qualidade ótima, e à medida que os valores tendem a 0 o nível de qualidade tende a péssima. Na Tabela 1 são apresentados os níveis de qualidade da água juntamente com a cor de referência dos respectivos intervalos do IQA-CETESB.

Tabela 1 – Classificação do nível de qualidade da água baseado no IQA-Cetesb

Nível de qualidade	Intervalo do IQA	Cor de referência
Ótima	80 IQA 100	Azul
Boa	52 IQA 80	Verde
Aceitável	37 IQA <52	Amarelo
Ruim	20 IQA <37	Vermelha
Péssima	0 IQA <20	Preta

Fonte: Sperling (2014, p. 257).

A indicação por coloração do nível de qualidade tem como vantagem o entendimento ao público em geral, permitindo assim a identificação da alteração da qualidade ao longo do percurso do corpo hídrico.

Carvalho et al. (2016) apresentam que o IQA pode ser utilizado como uma ferramenta de subsídio na avaliação da qualidade da água de forma a transmitir ao público a situação da qualidade da água da bacia hidrográfica. Contudo, os autores destacam que os parâmetros devem ser analisados individualmente de forma a verificar a violação perante aos padrões de qualidade estabelecidos em normas e resoluções, tendo em vista que a violação de um parâmetro poderá ser absorvida por outro no cálculo.

No Brasil, diversos trabalhos já foram desenvolvidos para a avaliação da qualidade da água utilizando o IQA, com os mais diversos objetivos, como no estudo realizado por Watthier et al. (2008), que avaliaram o IQA do Rio Ligeiro, Pato Branco-PR, encontrando valor de 78,5, enquadrando o corpo hídrico no nível de qualidade bom.

Pizato (2011) avaliou a interferência da área urbana sobre qualidade da água no Rio Ligeiro, Pato Branco – PR. O monitoramento foi realizado em cinco campanhas e, posteriormente, calculado o IQA. O IQA apresentou nível de qualidade classificada como boa em todas as campanhas, com valores variando entre 68 e 71. No entanto, ao comparar os parâmetros individuais verificou-se que o OD e coliformes termotolerantes não atenderam aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005. O autor concluiu que a qualidade da água foi classificada como boa, em contrapartida, pode ser que o corpo hídrico apresente contaminação por bactérias patogênicas.

Na avaliação do IQA da área de manancial de abastecimento público, Bacia Hidrográfica Barro Preto, município de Coronel Vivida, foram selecionados pontos amostrais

distribuídos entre uma das principais nascentes até o ponto de captação de água para abastecimento. O monitoramento foi realizado nas diferentes estações do ano de 2015. Os resultados encontrados para todos os pontos apresentaram nível de classificação razoável, exceto para o ponto próximo da captação que na estação de primavera e verão o nível de classificação foi ruim. Os valores do IQA diminuíram da nascente até o último ponto amostral, indicando que ocorre alteração da qualidade ao longo do trecho. Segundo a autora, os principais fatores de degradação da qualidade da água referem-se ao uso e ocupação do solo e o não atendimento ao Código Florestal Brasileiro (PASQUALOTO, 2016).

Heinz et al. (2016), avaliaram a qualidade da água do Rio Ligeiro em quatro pontos de coleta no ano de 2015. Os resultados do IQA variaram entre 52 e 57 para os pontos localizados na nascente e na área urbana, nível de qualidade boa. Para o ponto localizado a jusante da área urbana o valor encontrado do IQA foi de 47, nível de qualidade regular.

Na avaliação da qualidade da água da microbacia do Rio Caiabi, no Estado de Mato Grosso, o nível de qualidade da água no período de estiagem e chuvoso foram iguais, classificação boa. De acordo com os autores, estes resultados estão atribuídos à presença de vegetação e conservação da mata ciliar. Além disso, pode estar relacionados, também, com o efeito de diluição ocasionado por afluentes do Rio Caiabi (ANDRIETTI et al., 2016).

Santos et al. (2016), aplicaram o IQA na Bacia Costeira do Sapucaia e, a partir dos resultados, diagnosticaram que os corpos hídricos não apresentam degradação crítica. Para os autores a degradação são recentes e oriundas das atividades urbanas, as quais podem comprometer a qualidade das águas à longo prazo.

Gonçalves e Rocha (2016) no estudo da relação da qualidade da água com o regime de chuvas e uso do solo diagnosticaram que no verão a qualidade da água apresentou valores inferiores ao período de inverno. Tal resultado está relacionado com a elevada precipitação e manejo intenso das áreas de cultivo na estação de verão. No entanto, ressaltam que caso o período de inverno apresente intensa precipitação valores similares podem ser encontrados.

A seguir será descrito, resumidamente, as características dos parâmetros que compõem o IQA-CETESB.

4.2.1.1 Temperatura

Conceitualmente, temperatura é a medida da intensidade de calor, sendo considerada uma característica física (DERISIO, 2007; LIBÂNIO, 2010).

Alterações na temperatura da água interferem na densidade, viscosidade, pressão de vapor e solubilidade dos gases (BENETTI; BIDONE, 2009). Essas alterações podem ser de origem natural, relacionada principalmente à insolação ou antropogênica, quando do lançamento de efluentes industriais (LIBÂNIO, 2010).

Nos ambientes aquáticos da região Sul e Sudeste do Brasil, a temperatura da água na estação de inverno pode apresentar valores entre 5 e 15 °C, e em alguns casos atinge ponto de congelamento. Nas demais regiões do País, raramente, os valores serão abaixo de 18 °C na mesma estação (LIBÂNIO, 2010).

Carvalho et al. (2016) verificaram que no período de estiagem a temperatura da água apresentou mais elevada, tal resultado pode estar relacionado com a temperatura do ar e baixo nível da água do rio. Alves et al. (2012) também encontraram valores mais elevado para o mesmo período, no entanto, os autores associaram esses valores à baixa cobertura de nuvens, tendo em vista que nesse período tem-se maior tempo de incidência dos raios solares sobre a superfície da água.

4.2.1.2 Turbidez

A turbidez consiste na interferência da penetração da luz na água, devido à presença de sólidos em suspensão, o qual reflete a luz, sendo expressa por unidades de turbidez (uT) ou unidades nefelométricas de turbidez (NTU) (SPERLING, 1996).

As condições de turbulência, correntes de convecção líquida e a repulsão das cargas elétricas das partículas faz com que os sólidos em suspensão presentes na água apresentem constante mobilidade (MACHADO, 2006). Portanto, a turbidez em ambientes lóticos tende a ser mais elevada em relação a ambientes lênticos (DERISIO, 2007; LIBÂNIO, 2010).

A elevada turbidez pode alterar a atividade fotossintética do corpo de água, pois reduz a zona eufótica, zona a qual ocorre à fotossíntese (DERISIO, 2007), podendo, portanto, reduzir a concentração de OD no meio aquático.

A turbidez das águas naturais superficiais apresentam valores entre 3 UNT a 500 UNT. No Brasil, os cursos de água apresentam águas turvas, devido às características geológicas, pluviosidade e as práticas inadequadas de uso do solo (LIBÂNIO, 2010).

Buzelli e Cunha-Santino (2013) destacam que a elevação da turbidez ocorre, geralmente, nos períodos de precipitação pois, nesse período, ocorre à movimentação de materiais sedimentados no canal, transporte de materiais e substâncias pelo escoamento

superficial e erosão das margens. Nesse sentido, julga-se que as ações antrópicas contribuem para a elevação da turbidez.

Marçal e Silva (2017) constataram que no período de intensa precipitação a turbidez apresentou valores em desacordo com os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios de Classe 2, 100 mgL^{-1} .

4.2.1.3 Sólidos totais

Os sólidos totais correspondem a todas as impurezas contidas nas águas, exceto os gases dissolvidos (MACÊDO, 2006). Para a determinação deste parâmetro, a amostra é submetida à evaporação e secagem a $105 \text{ }^\circ\text{C}$, as impurezas retidas correspondem aos sólidos totais (LIBÂNIO, 2010).

De maneira simplificada, os sólidos totais podem ser classificados pelas suas características físicas e químicas. As características físicas se subdividem por tamanho, como: suspensão, dissolvida e coloidal. Os sólidos em suspensão referem-se às impurezas que ficam retidas em filtro de papel após a filtração, as partículas não retidas representam os sólidos dissolvidos, já os sólidos coloidais são as partículas intermediárias entre suspensas e dissolvidas (SPERLING, 1996).

A classificação por características químicas se dividem em orgânicas e inorgânicas. Para a determinação da fração inorgânica, a amostra é submetida à temperatura de $550 \text{ }^\circ\text{C}$, com isso a fração orgânica é volatizada (SPERLING, 1996).

A elevada concentração de sólidos nos cursos de água pode interferir nos processos fotossintéticos realizados por organismos autotróficos, pois os sólidos dificultam a passagem da luminosidade para o meio. Consequentemente, a taxa de produção de OD poderá ser reduzida afetando, diretamente, os microrganismos heterotróficos (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

Os sólidos podem, também, depositar-se no leito dos rios, nesse caso podem alterar a comunidade de microrganismos, intensificar o processo de decomposição, causar o assoreamento e aumentar o risco de enchentes (KOBİYAMA; MOTA; MENEGHINI, 2009).

Carvalho et al. (2015) no estudo da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio do Campo selecionaram pontos de coleta em diferentes localizações e identificaram que nos dias de maior vazão a concentração de sólidos totais foi mais elevada. Esses resultados podem estar atribuídos a sedimentos retidos no sistema de drenagem urbana e erosão das estradas rurais.

4.2.1.4 Potencial de hidrogênio (pH)

O pH representa a relação da concentração de íons (H^+) e (OH^-), os valores variam em uma escala numérica de 0 a 14. Quando a concentração de íons (H^+) é superior aos íons (OH^-) tem se valores de pH inferior a sete, indicando caráter ácido. Quando a concentração de íons (H^+) e (OH^-) são iguais o pH é igual a sete indicando caráter neutro e, por fim, quando a concentração de íons (OH^-) é superior aos íons (H^+) o pH é superior a sete, indicando caráter básico (DERISIO, 2007). Nas águas naturais os valores de pH variam entre 6,0 e 8,5 (LIBÂNIO, 2010).

As alterações do pH podem ser devido a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, degradação da matéria orgânica, fotossíntese, lançamentos de efluentes industriais e domésticos (SPERLING, 2014).

O pH, também, pode ser um indicador da elevada presença de matéria orgânica, pois no processo de decomposição da matéria orgânica ocorre a formação de gás carbônico (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008), dando origem a ácidos carbônicos no meio líquido.

Carvalho et al. (2015) verificaram no Rio Km 119, município de Campo Mourão, que no ponto de monitoramento localizado a jusante da área urbana o pH apresentou características com tendências ácidas. Santos et al. (2016) identificou no monitoramento da Bacia do Sapucaia, Sergipe, que a média dos valores de pH foram abaixo da neutralidade. Em ambos os estudos, os padrões de qualidade não foram atendidos. Carvalho et al. (2015) associaram tais resultados aos lançamentos de efluentes urbanos e industriais, enquanto que Santos et al. (2016) associaram as características geoquímicas do solo da região.

4.2.1.5 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

A DBO representa a quantidade de OD, em mgL^{-1} , consumido pelos microrganismos para a estabilização da matéria orgânica carbonácea. A determinação desse parâmetro realiza-se através da diferença da concentração de OD da amostra no período de incubação de cinco dias a uma temperatura constante de 20 °C (LIBÂNIO, 2010). A DBO a partir deste teste é denominada de $DBO_{5,20}$, o que representa cerca de 80% caso o período de incubação fosse realizado com tempo superior a cinco dias (BAIRD; CANN, 2011).

A elevação da concentração de $DBO_{5,20}$ nos corpos hídricos ocorre, geralmente, devido ao lançamento de substâncias com predominância orgânica (SANTOS et al., 2016),

portanto a $DBO_{5,20}$ indica indiretamente a quantidade de matéria orgânica presente no curso de água (SPERLING, 2014).

Carvalho et al. (2015) diagnosticaram na bacia hidrográfica do Rio do Campo que após a área urbanizada a concentração de $DBO_{5,20}$ eleva-se, indicando que o lançamento de efluentes da ETE são responsáveis por esse aumento.

Santos et al. (2016) verificaram que a $DBO_{5,20}$ na bacia do Rio Sapucaia, Sergipe, em uma das campanhas apresentou valores acima do limite para corpos hídricos de Classe 2, 5 mgL^{-1} , em todos os pontos monitorados. Para os autores, esse aumento está relacionado com o baixo índice de pluviosidade e evaporação ocasionado pelo aumento da incidência solar.

Marçal e Silva (2017) observaram que os valores de $DBO_{5,20}$ não apresentaram diferenças entre a montante e a jusante do lançamento de efluentes de uma ETE. Concluíram que o lançamento da ETE não provoca impacto significativo no Rio Parnaíba, tendo em vista a elevada vazão do rio frente à reduzida carga poluidora.

4.2.1.6 Oxigênio dissolvido (OD)

O OD refere-se a um dos parâmetros mais utilizado para caracterização de qualidade dos ambientes aquáticos. A concentração desse gás dissolvido, normalmente, tem sido apresentada em termos de porcentagem de saturação (LIBÂNIO, 2010).

A saturação do OD nas águas naturais é função da temperatura, altitude e salinidade (CAVALCANTI, 2009; LIBÂNIO, 2010). Na temperatura de $0 \text{ }^\circ\text{C}$, nível do mar, a concentração de OD a saturação é de $14,6 \text{ mgL}^{-1}$, enquanto que na temperatura à $35 \text{ }^\circ\text{C}$, nas mesmas condições de altitude e salinidade, a concentração será de $6,35 \text{ mgL}^{-1}$ (CAVALCANTI, 2009). Valores de concentração de OD superiores a saturação indica a elevada presença de algas, enquanto que valores muito abaixo da saturação indicam presença de matéria orgânica (SPERLING, 2014).

A produção de OD na água ocorre pela reaeração atmosférica e pela atividade fotossintética, enquanto que o consumo ocorre pela oxidação da matéria orgânica, demanda bentônica e nitrificação (SPERLING, 2014). Portanto, o OD pode ser utilizado como um parâmetro de indicação da qualidade da água, tendo em vista que quanto mais reduzidos à sua concentração maior o grau de poluição.

Pieron et al. (2015) no monitoramento da qualidade da água da sub-bacia do Córrego Água Limpa, Pratápolis, verificaram que a concentração de OD no período chuvoso

foi inferior ao período seco, indicando que ocorre a diluição em função do aumento do volume de água. Contudo, em ambos os períodos, os valores foram acima de 6 mgL^{-1} .

Carvalho et al. (2016) verificaram que no ponto localizado na área urbana, município de Porto Nacional, foi o que apresentou valores de OD mais baixos em relação aos demais pontos, indicando que a montante ocorre o despejo de efluentes ricos em matéria orgânica e nutrientes.

4.2.1.7 Nitrogênio total

O nitrogênio (N_2) é considerado um dos principais componentes da atmosfera terrestre, sendo este encontrado em diversas formas. As formas diferenciam-se de acordo com o estado de oxidação do átomo de nitrogênio (BAIRD; CANN, 2011).

Nos corpos de água o nitrogênio pode se apresentar nas seguintes formas: nitrogênio orgânico; nitrogênio amoniacal; nitrito (NO_2^-); nitrato (NO_3^-) (ZOPPAS; BERNARDES; MENEGUZZI, 2016). A soma da concentração de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato constitui o nitrogênio total (N_{Total}) (SPERLING, 2014).

De acordo com Derisio (2007) os compostos de nitrogênio e fósforo em águas naturais apresentam-se em baixas concentrações. As elevações da concentração destes parâmetros, normalmente, estão associadas a lançamentos de efluentes domésticos e/ou industriais (OLIVEIRA; NOGUEIRA; SARTORI, 2014).

As formas de nitrogênio nos ambientes aquáticos dependem da presença de OD. Nas condições aeróbias, o nitrato é a forma totalmente oxidada encontrada. Já em condições anaeróbias, a amônia e os íons amônio são as formas totalmente reduzidas encontradas (BAIRD; CANN, 2011). Logo, as formas de nitrogênio nos cursos de água podem determinar o estágio de poluição, em que a presença de nitrogênio orgânico ou amônia indicam poluição recente, enquanto que a presença de NO_3^- poluição remota (LIBÂNIO, 2010; SPERLING, 2014), indicando que o rio foi poluído, ou que ocorreu o processo de autodepuração (CAVALCANTI, 2009).

A presença elevada de NO_3^- pode apresentar riscos à saúde, pois o NO_3^- quando reduzido a NO_2^- se combina com hemoglobina do sangue formando a meta-hemoglobina, essa forma de hemoglobina impossibilita a fixação, transporte e disponibilização do oxigênio para as células (ZOPPAS; BERNARDES; MENEGUZZI, 2016). Em contrapartida, a forma mais reduzida da série de nitrogênio pode apresentar toxicidade, mesmo em baixas concentrações (LIBÂNIO, 2010).

As fontes de nitrogênio nos corpos hídricos podem ser de origem natural ou antrópica. As de origem natural referem-se à água da chuva, material orgânico e inorgânico, alóctone e fixação do nitrogênio atmosférico. Já as fontes antropogênicas são provenientes dos lançamentos de efluentes, excrementos de animais e aplicação de fertilizantes (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

4.2.1.8 Fosfato

O fósforo pode ser encontrado nos corpos hídricos nas formas de ortofosfato, polifosfato e orgânico. Os ortofosfatos não necessitam de conversão para a assimilação no metabolismo biológico, no entanto depende dos valores de pH (SPERLING, 1996).

Nas águas naturais, livre de poluição, próximos da superfície, a concentração de fosfato, normalmente, são inferiores a $0,02 \text{ mgL}^{-1}$. Tais valores estão relacionados com a capacidade de assimilação do fitoplâncton e plantas aquáticas (LIBÂNIO, 2010).

A introdução do fosfato pode ser de origem natural ou antrópica. As de origem natural ocorrem pela dissolução dos solos e decomposição de matéria orgânica, enquanto que as de origem antrópica podem ser do lançamento de efluentes domésticos, industriais, detergentes, excrementos de animais e aplicação de fertilizantes (SPERLING, 1996).

O aporte de fósforo pode conduzir ao processo de eutrofização, tendo como consequências alterações de parâmetros físicos, químicos e biológicos, além da morte de organismos aquáticos (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

Alves et al. (2012) identificaram que a concentração de fósforo total no Rio Arari, região Amazônica, é similar a ambientes que recebem efluentes de origem doméstica. Além disso, os valores não apresentaram diferenças entre os períodos de monitoramento. Segundo os autores o aporte de fósforo é constante, e está associado, principalmente, às condições naturais da região.

Alves et al. (2017) verificaram que as concentrações de fósforo total no Ribeirão das Abóboras foram superiores aos padrões de qualidade para rios de Classe 2. Tais resultados estão associados aos lançamentos pontuais e difusos à montante do ponto de monitoramento. As maiores concentrações foram encontradas no período chuvoso, indicando que o uso e ocupação do solo, predominante, agrícola juntamente com as práticas de plantio e elevada precipitação interferem na qualidade das águas.

4.2.1.9 Coliformes termotolerantes

Os microrganismos presentes nas águas naturais são, de maneira geral, inócuos aos seres humanos. Porém, a presença de microrganismos patogênicos nas águas podem provocar doenças. Geralmente, os microrganismos causadores de doenças são os provenientes das fezes de humanos e de animais homeotérmicos, que incluem os vírus, as bactérias, os protozoários e helmintos (BRASIL, 2013).

A análise para a determinação dos microrganismos patogênicos apresenta algumas limitações, entre elas; análise trabalhosa; elevado custo financeiro; demanda de tempo (BRASIL, 2013). Diante dessas limitações realiza-se a análise da presença de bactérias do grupo coliformes, pois as bactérias desse grupo são excelentes indicadores de contaminação por dejetos (CARVALHO et al., 2016), tendo em vista que vivem no trato intestinal dos seres homeotérmicos e são liberadas em grandes quantidades quando da excreção.

As principais razões para a utilização do grupo coliformes como indicadores de contaminação fecal são: estão presentes em grande quantidade nas fezes humanas e animais homeotérmicos; as técnicas para a detecção são rápidas e de baixo custo financeiro; sua presença apresenta relação direta com o grau de contaminação fecal; o tempo de sobrevivência é maior quando comparado com as bactérias patogênicas; são incapazes de se multiplicar no ambiente aquático; são mais resistentes a agentes tensoativos e desinfetantes do que as bactérias patogênicas (SPERLING, 2014).

Os indicadores para avaliação de contaminação fecal, frequentemente, utilizados são: coliformes totais; coliformes termotolerantes; *Escherichia coli*. O grupo de coliformes totais representa o grupo de bactérias que podem estar presentes em ambientes poluídos ou não. Alguns microrganismos desse grupo são de vida livre, ou seja, não habitam o trato intestinal, portanto, não podem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal (SPERLING, 2014).

Os coliformes termotolerantes habitam, preferencialmente, o trato intestinal dos seres homeotérmicos (MAROTTA; SANTOS; ENRICH-PRAST, 2008). Contudo, devido ao método de detecção alguns microrganismos de origem não fecal continuam presentes na amostra após a análise, o que implica que os resultados não podem ser utilizados com total confiança a presença de microrganismos fecais (SPERLING, 2014).

A *Escherichia coli*, bactéria pertencente ao grupo de coliformes termotolerantes, estão presentes em grandes quantidades no intestino dos seres humanos e de animais, sendo assim, podem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal e de microrganismos

patogênicos. No entanto, a *Escherichia coli* não indica exclusivamente contaminação por esgoto doméstico (SPERLING, 2014).

Daneluz e Tessaro (2015) com o objetivo de avaliar a qualidade da água destinada para consumo humano nas propriedades rurais do município de Dois Vizinhos, Paraná, realizaram análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em nascentes e poços rasos. Os resultados obtidos mostraram que a ausência de coliformes termotolerantes foi de 42,22% e 15,55% para poços rasos e nascentes, respectivamente. Esses resultados indicam que estes pontos podem ter sido contaminados por fossas sépticas ou por dejetos de animais.

No estudo realizado por Pizato (2011) e Heinz et al. (2016) no alto da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro, município de Pato Branco, foram detectadas a presença de coliformes termotolerantes em todos os pontos amostrados. Os valores encontrados foram superiores aos padrões de qualidade para rios de Classe 2, $1000 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$, Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005). Indicando, portanto, o despejo de efluentes com características domésticas.

Jabur (2010) realizou o monitoramento de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* no alto da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro. As coletas foram realizadas mensalmente durante o período de nove meses em quatro pontos, montante e jusante do ponto de lançamento da ETE da SANEPAR. A presença de *Escherichia coli* foi detectada em todos os pontos, o que indica que nos pontos a montante da ETE o curso de água recebe o despejo de efluentes domésticos por tubulações clandestinas. Nos pontos a jusante os resultados podem estar relacionados com o lançamento de efluentes da ETE em desacordo com a legislação.

4.3 AUTODEPURAÇÃO

A autodepuração pode ser definida como o fenômeno de reestabelecimento do equilíbrio ambiental de um curso de água, por processos naturais, a partir da introdução de substâncias indesejáveis (SPERLING, 1996). Para Branco (1972), refere-se ao processo de eliminação das impurezas, em outras palavras, a resistência do corpo hídrico após uma perturbação. Nesse contexto, supõe-se que o processo de autodepuração inicia-se após a alteração da qualidade da água pelo lançamento de efluentes.

A água a jusante do lançamento pode ser restringida aos usos múltiplos, mesmo após o ecossistema atingir o equilíbrio ambiental, pois desconhece as condições de estabilização das substâncias e se as mesmas não oferecem riscos.

A autodepuração realiza-se por processos físicos, químicos e biológicos (BRAGA et al., 2005), estando, portanto, intimamente relacionadas com as características físicas, químicas, biológicas, hidráulicas e morfológicas.

No trecho logo após o lançamento de matéria orgânica as populações de microrganismos aeróbios decompositores se apresentam em maiores quantidades em relação a outros microrganismos e com isso a concentração de OD tende a redução. A redução do OD ocorre devido ao fato que os microrganismos decompositores de matéria orgânica consomem o OD na via metabólica. A decomposição aeróbia resulta na liberação de sais minerais, gás carbônico e água. A elevada carga orgânica em um corpo hídrico pode levar ao consumo total do OD para a estabilização da matéria orgânica, dessa forma o ambiente apresenta condições anaeróbias, o que altera toda a comunidade aquática ao longo do curso de água (BRAGA et al., 2005). Nas condições de baixa concentração de OD, a decomposição da matéria orgânica será realizada por microrganismos anaeróbios, tendo como resultado substâncias com características ácidas e odor desagradável, como o gás sulfídrico (MORUZZI et al., 2012).

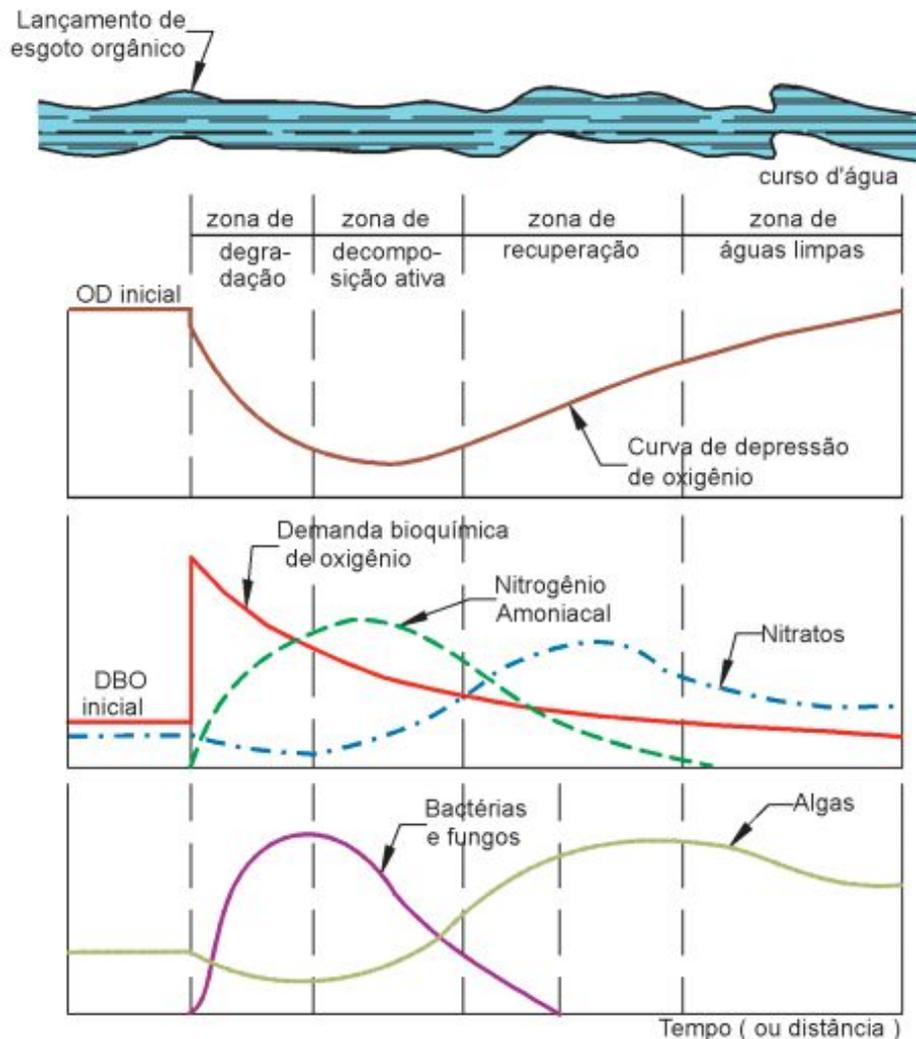
Para a avaliação de degradação ambiental dos cursos de água o principal parâmetro utilizado refere-se ao OD, estando este intimamente relacionado com a presença ou ausência de certos microrganismos. Quando da ausência de OD o meio encontra-se anaeróbio em que são encontrados organismos específicos que conferem odor desagradável à água, e na presença de oxigênio o meio encontra-se em condições aeróbias.

Nesse contexto, a autodepuração pode ser definida, também, como o processo de recuperação do OD, após o lançamento de efluentes. Dessa forma, o processo de autodepuração tem sido amplamente avaliado a partir do monitoramento do OD.

Nas condições de reestabelecimento do equilíbrio ambiental entende-se que ocorre o fenômeno denominado de sucessão ecológica, substituição de uma comunidade por outra até atingir novamente o equilíbrio. Logo, o processo de autodepuração também pode ser avaliado pela diversidade de espécies, uma vez que ecossistemas não perturbados a diversidade apresenta-se elevada, isto é, número equilibrado de indivíduos de cada espécie. Em contrapartida, ecossistemas com perturbações a diversidade apresenta-se reduzida, ou seja, número elevado de indivíduos de determinada espécie (BRAGA et al., 2005).

No fenômeno de sucessão ecológica pode-se dividir o curso de água, após o lançamento de efluentes, em diferentes zonas identificáveis na longitudinal, tais como: zona de degradação; zona de decomposição ativa; zona de recuperação; zona de águas limpas (Figura 2). A montante do lançamento encontra-se a zona de águas limpas, isto é, águas com elevada concentração de OD e diversidade de espécies (SPERLING, 2014).

Figura 2 – Zonas de autodepuração de um corpo hídrico a partir do lançamento de efluentes.



Fonte: Mota (1995, p. 83).

A zona de degradação inicia-se a jusante do ponto de lançamento. Nessa zona as águas apresentam coloração turva e a decomposição da matéria orgânica é aeróbia e ocorre em pequenas proporções. Os microrganismos decompositores estão em fase de adaptação, dessa forma é possível que o corpo hídrico apresente teores de OD, o que permite a sobrevivência e a presença de algumas espécies de peixes. Após a adaptação dos microrganismos decompositores e com condições ambientais adequadas, alimento e OD, favorece a proliferação dos mesmos tendo como resultado a redução do OD (SPERLING, 1996).

Nesta zona pode haver uma queda do pH, pois na decomposição aeróbia ocorre a formação de subprodutos como o gás carbônico. Este gás em solução converte-se em ácido carbônico, reduzindo, assim, o pH do meio. Ainda nesta zona, ocorre a sedimentação de matéria orgânica formando o lodo de fundo, e com isso tem-se a formação de odores desagradáveis, pois apenas a camada superficial do lodo irá se decompor em condições

aeróbias, enquanto que as camadas mais profundas a decomposição será por processos anaeróbios (SPERLING, 2014).

A zona de decomposição ativa inicia-se quando a concentração de OD do meio aquático atinge valores inferiores a 40% da saturação e pode se estender por quilômetros, dependendo das características do efluente e do corpo hídrico (BRANCO, 1972). Nesta região a concentração de OD atinge valores mínimos e em alguns casos pode apresentar concentrações iguais a zero, o que reduz a presença de organismos aeróbios ou até mesmo ausência destes (BRAGA et al., 2005). Na fase inicial desta zona a água apresenta coloração escura com aspecto oleoso, densa e odor desagradável.

O teor de OD pode atingir valores, em torno, de 40% da saturação, no entanto o ambiente ainda apresenta condições inadequadas para algumas espécies, como os peixes, devido à presença de substâncias tóxicas, como a amônia (BRANCO, 1972).

Após a zona de decomposição ativa tem-se a zona de recuperação. A zona de recuperação inicia-se quando a concentração de OD atinge valores superiores a 40% da saturação, com isso a matéria orgânica e as bactérias tende a reduzir e as águas tendem a apresentar coloração claras em relação às zonas anteriores (BRANCO, 1972). Nestas condições, a amônia é convertida em nitritos e, posteriormente, em nitratos e o fósforo transformado em fosfatos. Estes compostos, por sua vez, são nutrientes essenciais para o desenvolvimento de espécies fotossintéticas, como as algas. Portanto, inicia-se a reoxigenação por atividade fotossintética, elevando ainda mais a concentração de OD, permitindo a presença de espécies mais exigentes em termos de OD (SPERLING, 1996).

Na zona de águas limpas o rio apresenta condições ambientais similares a montante do lançamento de efluentes, em termos de OD e matéria orgânica, pode-se dizer então que o rio recuperou-se, ou seja, apresentou capacidade de autodepuração após a perturbação pelo lançamento de efluentes. Nesta zona, as águas apresentam concentrações de OD próxima da saturação, ricas em nutrientes em relação a montante do lançamento de efluentes, elevada biodiversidade. Portanto, o ecossistema atingiu novamente o equilíbrio ambiental (SPERLING, 2014).

Entre as zonas de autodepuração a que apresenta maior deterioração da água refere-se à zona de decomposição ativa, em que a concentração de OD tende a apresentar valores mínimos e as espécies aeróbias, em algumas situações, são substituídas por espécies anaeróbias alterando o ecossistema aquático.

Nagalli e Nemes (2009) avaliaram a autodepuração da bacia hidrográfica do Rio Barigui, região Metropolitana de Curitiba. O Rio Barigui recebe o despejo de efluentes de

origem industrial e doméstica. Os resultados encontrados das análises para o OD mantiveram-se constantes até o ponto de lançamento de efluentes de uma atividade industrial. Após este ponto, a concentração de OD eleva-se. Essa elevação de OD está relacionada ao desnível da tubulação de lançamento de um dos pontos que proporciona a aeração. À medida que inicia o processo de recuperação tem-se um novo lançamento pontual de esgoto doméstico o que faz com que a concentração OD apresente valores abaixo de $5,0 \text{ mgL}^{-1}$, e a recuperação do OD ocorre próxima à foz.

Biguelini (2013) realizou o monitoramento do Rio Marrecas, município de Francisco Beltrão, nos meses de agosto e outubro de 2011, em condições de estiagem e chuvoso, respectivamente. O monitoramento foi realizado em três pontos: montante da área urbana; jusante da área urbana; próximo da foz. Na avaliação de autodepuração analisou as diferenças de concentrações de DBO, DQO e OD nos pontos de monitoramento. O resultado da capacidade de depuração apresentou discrepância entre a estação chuvosa e seca. No mês de agosto, período de estiagem, verificou-se que o Rio Marrecas não apresentou capacidade de depuração, enquanto que no mês de outubro foram encontradas as melhores condições de qualidade da água. Verificou-se, também, a elevação da concentração de DBO e DQO entre a montante, jusante e foz. Portanto, a ocupação urbana interfere na qualidade da água do rio.

4.3.1 MODELAGEM DE AUTODEPURAÇÃO

Tucci (2005, p. 17) define modelo como “a representação de algum objeto ou sistema, numa linguagem ou forma de fácil acesso e uso, com o objetivo de entendê-lo e buscar suas respostas para diferentes entradas”.

Em diversas áreas técnicas o homem dimensiona o sistema e especifica as condicionantes envolvidas. No entanto, em algumas situações o sistema não foi dimensionado e sim criado por processos naturais, como, por exemplo, uma bacia hidrográfica. Deste modo, o homem identifica as variáveis e as condições para entender o sistema com o intuito de desenvolver uma modelagem matemática (TUCCI, 2005).

Em relação à modelagem matemática de corpos hídricos, os objetivos possíveis referem-se à pesquisa, gerenciamento, previsão de condições futuras, planejamento, níveis e eficiências de sistema de tratamento, permissão de descarga e controle (SPERLING, 2014).

A modelagem matemática de qualidade da água vem sendo aplicada desde o modelo proposto por Streeter e Phelps, em 1925, no Rio Ohio, EUA. A partir desse modelo, diversos outros foram desenvolvidos, incluindo variáveis e coeficientes desconsiderados

anteriormente, no entanto mantendo sempre a estrutura conceitual (SALLA et al., 2013). Portanto, pode-se dizer que os modelos sucessivos tornaram-se mais complexos.

Segundo Mateus et al. (2015), no Brasil, a obtenção de dados de monitoramento dos cursos de água são limitadas. Logo, a utilização de modelos mais complexos podem apresentar dados de saída não confiáveis. Neste sentido, modelos mais simplificados, em certas situações, são os mais adequados.

Os modelos matemáticos mais conhecidos e utilizados na modelagem da qualidade da água são: QUAL2E; CE-QUAL-W2; Mike11; Wasp e QUAL-UFMG (FLECK; TAVARES; EYNG, 2013). Na seção 4.3.1.1 e 4.3.1.2, será dada ênfase ao modelo clássico de Streeter-Phelps e ao QUAL-UFMG, respectivamente.

4.3.1.1 Modelo Streeter-Phelps

O modelo clássico de Streeter-Phelps foi desenvolvido em 1925, no Rio Ohio. No Brasil, esse modelo tem sido bastante utilizado, devido a sua simplicidade e a necessidade de poucos dados de entrada (SPERLING, 2014).

No modelo de Streeter-Phelps considera-se que a decomposição da matéria orgânica segue uma reação de primeira ordem, na qual a taxa de reação é proporcional à concentração do reagente (BRAGA et al., 2005; SPERLING, 2014). A partir dessa suposição, a concentração de DBO pode ser expressa de acordo com a Equação 2.

$$dL/dt = -K_1 L \quad (2)$$

Onde:

L = concentração de DBO, mgL^{-1} ;

K_1 = coeficiente de desoxigenação, dia^{-1} ;

t = tempo, dia^{-1} .

A integração da Equação 2, nos limites de $L = L_0$ e $L=L$, e $t = 0$ e $t = t$, resulta na Equação 3.

$$L = L_0 e^{-K_1 t} \quad (3)$$

Onde:

L = concentração de DBO remanescente em um tempo qualquer, mgL^{-1} ;

L_0 = concentração de DBO remanescente no tempo igual a zero, também denominada de DBO última, que refere-se à concentração ao final da estabilização, mgL^{-1} ;

K_1 = coeficiente de desoxigenação, dia^{-1} ;

t = tempo, dia^{-1} .

Um conceito importante refere-se à concentração de DBO satisfeita ao longo do tempo (DBO_t), ou seja, o consumo de OD no tempo (t) igual a zero até o instante t (BRAGA et al., 2005). Dessa forma, a Equação 4 pode ser obtida a partir da Equação 3.

$$y = L_0(1 - e^{-K_1 t}) \quad (4)$$

Onde:

y = concentração de DBO exercida em um tempo t qualquer, mgL^{-1} ;

L_0 = concentração de DBO remanescente no tempo igual a zero, mgL^{-1} ;

K_1 = coeficiente de desoxigenação, dia^{-1} ;

t = tempo, dia^{-1} .

Os valores do coeficiente de desoxigenação (K_1) dependem das características da matéria orgânica, temperatura e substâncias inibidoras, podendo ser obtido através de medidas de DBO em diferentes dias ou de valores tabelados na literatura (SPERLING, 2014).

Na Tabela 2 são apresentados os valores do coeficiente de desoxigenação (K_1) de acordo com as características do curso de água (SPERLING, 2014).

Tabela 2 – Valores típicos do coeficiente de desoxigenação (K_1), base e a 20 °C, condições laboratoriais.

Origem	Valores de K_1 (dia^{-1}) (laboratório)
Esgoto bruto concentrado	0,35 – 0,45
Esgoto bruto de baixa concentração	0,30 – 0,40
Efluente primário	0,30 – 0,40
Efluente secundário	0,12 – 0,24
Curso de água com águas limpas	0,08 – 0,20

Fonte: Fair et al. (1973) e Arceivala (1981) (*apud* Sperling (2014, p. 327)).

Observa-se na Tabela 2 que o curso de água com águas limpas e os efluentes com algum tipo de tratamento possuem menor valor para o coeficiente de desoxigenação, isso ocorre devido ao fato que a maioria da matéria orgânica encontra-se estabilizada no meio.

Conforme apresentado anteriormente a temperatura influência nos valores do coeficiente de desoxigenação (K_1). Neste sentido, os valores desse coeficiente devem ser corrigidos para uma temperatura t qualquer, utilizando a Equação 5.

$$K_{iT} = K_{i20} \theta^{(T-20)} \quad (5)$$

Onde:

K_{iT} = coeficiente i corrigido a uma temperatura t qualquer, dia^{-1} ;

K_{i20} = coeficiente i a uma temperatura de $20\text{ }^\circ\text{C}$, dia^{-1} ;

T = temperatura do líquido, $^\circ\text{C}$;

Θ = coeficiente de temperatura, adimensional.

Para o coeficiente de desoxigenação (K_1) adota-se 1,047 para Θ , que significa que a elevação de $1\text{ }^\circ\text{C}$ aumenta em 4,7% o valor desse coeficiente (SPERLING, 2014).

Quando a água encontra-se exposta a um gás, ocorre a passagem de moléculas entre as duas fases, gasosa e líquida, até que a concentração de solubilidade seja atingida no meio líquido. Esse processo é definido como a concentração de saturação (C_s) do gás no meio líquido (SPERLING, 2014).

Para a degradação da matéria orgânica ocorre o consumo de OD pelos microrganismos, ao mesmo tempo em que ocorre à sua reposição na massa líquida (BRAGA et al., 2005). Nesse modelo, considera-se que a reposição do OD ocorre por meio da transferência do gás da atmosfera para o meio líquido até atingir novamente o equilíbrio (SPERLING, 2014). Posto isto, a cinética de reaeração pode ser, também, escrita através de uma reação de primeira ordem, Equação 6.

$$dD/dt = -K_2 D \quad (6)$$

Onde:

D = déficit da concentração de OD, ou seja, a diferença entre a C_s e concentração existente em um tempo t qualquer, mgL^{-1} ;

K_2 = coeficiente de reaeração, dia^{-1} ;

t = tempo, dia^{-1} .

Tendo em vista que as reações de consumo e reposição de OD ocorrem ao mesmo tempo, pode-se combinar a Equação 1 e a Equação 6, resultando na Equação 7.

$$dD/dt = K L - K_2 D \quad (7)$$

A integração da Equação 7 resulta na Equação 8, que representa o déficit da concentração do OD em função do tempo.

$$D_t = (K L_0)/(K_2 - K) (e^{-K_d t} - e^{-K_2 t}) + D_0 e^{-K_2 t} \quad (8)$$

O coeficiente de decomposição (K_d) representa o remoção de DBO efetiva no rio, sendo que os valores típicos variam entre 0,08 dia⁻¹ a 3,0 dia⁻¹ (SPERLING, 2014).

Para a obtenção do coeficiente de reaeração (K_2) existem basicamente três métodos, sendo: valores médios tabelados; valores calculados com base nas características hidráulicas do curso de água; valores correlacionados com a vazão do curso de água (SPERLING, 2014). Na Tabela 3 são apresentados os valores médios tabelados do coeficiente de reaeração (K_2), na base e a 20 °C.

Tabela 3 – Valores médios do coeficiente de reaeração (K_2), na base e, 20° C

Corpo de água	K_2 (dia ⁻¹)	
	Profundo	Raso
Pequenas lagoas	0,12	0,23
Rios vagarosos, grandes lagos	0,23	0,37
Grandes rios com baixa velocidade	0,37	0,46
Grandes rios com velocidade normal	0,46	0,69
Rios rápidos	0,69	1,15
Corredeiras e quedas de água	> 1,15	> 1,61

Fonte: Fair et al. (1973) e Arceivala (1981) (*apud* SPERLING, 2014, p. 332).

Para a obtenção do coeficiente de reaeração por meio das características hidráulicas, as principais equações utilizadas são apresentadas na Equação 9, Equação 10 e Equação 11, e na Tabela 4 a faixa de aplicabilidade para cada uma destas (SPERLING, 2014).

$$K_2 = 3,93 v^{0,5} H^{-1,5} \quad (9)$$

$$K_2 = 5,0 v^{0,97} H^{-1,67} \quad (10)$$

$$K_2 = 5,3 v^{0,67} H^{-1,85} \quad (11)$$

Onde:

K_2 = coeficiente de reaeração, dia⁻¹;

v = velocidade do curso de água, ms⁻¹;

H = profundidade do curso de água, m.

Tabela 4 – Faixas de aplicabilidade para obtenção dos valores de K_2 .

Pesquisador	Faixa de aplicação aproximada	
	velocidade (ms^{-1})	Profundidade (m)
O'Connor & Dobbins	0,05 $v < 0,80$	0,6 $H < 4,0$
Churchill et al.	0,80 $v < 1,50$	0,6 $H < 4,0$
Owens et al.	0,05 $v < 1,50$	0,1 $H < 0,6$

Fonte: Sperling (2014, p. 334).

A temperatura também influencia nos valores de K_d e K_2 . Portanto, após a obtenção dos valores, os mesmos devem ser corrigidos aplicando a Equação 5. Para K_d adota-se Θ igual a 1,047 e para K_2 1,024 (SPERLING, 2014).

O perfil do OD ao longo do trecho do rio pode ser obtido através da Equação 13.

$$C_t = C_s - D_t \quad (12)$$

$$C_t = C_s - \left(\frac{L_0}{K_2 - K_1} \right) (e^{-K_d t} - e^{-K_2 t}) + (C_s - C_0) e^{-K_2 t} \quad (13)$$

Nas equações para a determinação da concentração de OD, verifica-se que são utilizados os valores de DBO última. Neste sentido, deverá ser realizada a conversão de $\text{DBO}_{5,20}$, obtida em laboratório, para DBO última. Para a conversão aplica-se o coeficiente de transformação (K_T), Equação 14.

$$K_T = (\text{DBO}_u / \text{DBO}_5) = 1 / (1 - e^{-5 K_1}) \quad (14)$$

A partir das equações apresentadas verifica-se que para a modelagem de cursos de água são necessários os seguintes dados de entrada: vazão do rio; vazão de lançamento do efluente; OD do rio; OD do esgoto; $\text{DBO}_{5,20}$ do rio; $\text{DBO}_{5,20}$ do esgoto; coeficiente de desoxigenação (K_1); coeficiente de decomposição (K_d); coeficiente de reaeração (K_2); velocidade do percurso do rio (v); tempo de percurso (t); temperatura da água (T); concentração de saturação (C_s) de OD do rio; concentração mínima OD (SPERLING, 2014).

Na modelagem de OD pode ser que sejam encontrados valores negativos, o que indica que o ambiente encontra-se em condições de anaerobiose. Nessas condições, o modelo de Streeter-Phelps passa a não ser mais válido.

Ricciardone, Pereira e Pereira (2011) avaliaram a capacidade de autodepuração do Rio das Mortes, Vassouras-RJ, em termos de depleção de OD utilizando modelagem matemática. Realizaram o monitoramento do corpo hídrico no período de chuva e de estiagem. Após a aplicação do modelo, verificaram que o corpo hídrico não apresentou capacidade de autodepuração até a sua foz com o Rio Paraíba do Sul.

Gonçalves et al. (2012), avaliaram a capacidade de autodepuração do Córrego São Simão, São Paulo, frente ao lançamento pontual de efluentes brutos da área urbana de São Simão. A concentração de OD registrada no último ponto amostral foi inferior a $2,00 \text{ mgL}^{-1}$ no período seco. Com base na modelagem concluíram que seria necessária uma extensão de no mínimo 18 km após a sua foz para que o teor de OD apresente concentração superior a $2,00 \text{ mgL}^{-1}$ ou a implantação de um sistema de tratamento com no mínimo de 30% de eficiência.

Vargas e Marques (2015) aplicaram o modelo Streeter-Phelps para avaliar a capacidade de autodepuração a partir do lançamento de efluentes de esgoto com e sem tratamento. Para ambas as condições a concentração de OD apresentou acima do limite exigido pela legislação em todo o trecho modelado, sendo que os melhores resultados foram para o cenário com tratamento dos efluentes. Em relação a $\text{DBO}_{5,20}$ os valores encontrados foram acima do limite em todo o trajeto. Diante dos resultados, os autores concluíram que com a aplicação do modelo foi possível comparar os resultados de cenários distintos e também a importância da implantação de um sistema de tratamento de efluentes.

4.3.1.2 Modelo QUAL-UFMG

O modelo QUAL-UFMG é um programa na plataforma *Excel* criado por Sperling (2014), com base no modelo matemático QUAL2-E. O modelo QUAL2-E foi desenvolvido pela *Environmental Protection Agency* (EPA), sendo este o mais conceituado na modelagem de qualidade da água de rios (BATISTA; CABRAL, 2017).

No modelo QUAL-UFMG são aplicadas simplificações em relação ao modelo QUAL2-E, sem prejudicar o resultado final. As simplificações referem-se a: não inclusão de algas e as suas inter-relações com os demais constituintes; não consideração de dispersão longitudinal; integração pelo método de Euler. Neste modelo, pode ser realizada a modelagem para: $\text{DBO}_{5,20}$; OD; nitrogênio total e suas frações; fósforo total e suas frações; coliformes termotolerantes; *Escherichia coli* (TEODORO et al., 2013).

O modelo QUAL-UFMG utiliza equações diferenciais para o cálculo da concentração dos parâmetros no perfil longitudinal. Neste estudo, será dada ênfase nas equações aplicadas para a modelagem de $\text{DBO}_{5,20}$ e OD.

Na modelagem da DBO adota-se que a decomposição da matéria orgânica segue uma reação de primeira ordem, sendo considerada a decomposição da matéria orgânica

(decaimento), a sedimentação da matéria orgânica e a contribuição difusa ao longo do curso de água, Equação 15 (SPERLING, 2014), expressa em equações diferenciais.

$$\begin{array}{ccccccc} dL/dt & = & -K L & -K_s L & +L_{rd} & & (15) \\ \text{Acumulação} & & \text{Decaimento} & \text{Sedimentação} & \text{Carga difusa} & & \end{array}$$

Observação:

$$-K_d L - K_s L = -(-K_d + K_s) L = -K_r L$$

Onde:

dL/dt = variação da concentração de DBO ao longo do tempo, mgL^{-1} ;

L = concentração de DBO remanescente em um tempo t de percurso, mgL^{-1} ;

t = tempo, dia;

K_d = coeficiente de decomposição, dia^{-1} ;

K_s = coeficiente de sedimentação, dia^{-1} ;

K_r = coeficiente de remoção global, dia^{-1} ;

L_{rd} = carga linear distribuída ao longo do rio, $g\ DBO_5\ m^{-3}\ dia^{-1}$.

A integração analítica da Equação 15 resulta na Equação 16. Portanto, para a obtenção dos valores de DBO_5 os valores de L devem ser divididos por K_r , Equação 14.

$$\begin{array}{ccccccc} L & = & L_0 e^{-(K_d+K_s)t} & & (L_{rd}/K_r) (1 - e^{-K_r t}) & & (16) \\ \text{DBO última} & & \text{Pontual} & & \text{Distribuída} & & \end{array}$$

Na modelagem do OD o modelo considera as condições de anaerobiose, sedimentação de matéria orgânica, consumo de OD pela nitrificação, demanda de oxigênio do sedimento, fotossíntese e respiração (PAULA, 2011). O déficit de OD obtém-se através da Equação 17, expressa em equações diferenciais.

$$\begin{array}{ccccccccccc} dC/dt & = & -K_2(C_s - C) & +K L & +S & -F & +R & +R_{O_2\text{amon}}(f_{\text{nitr}}K_{\text{an}})N_{\text{amon}} & & & (17) \\ \text{Acumulação} & & \text{Reaeração} & \text{Decom-} & \text{Demanda do} & \text{Fotos-} & \text{Respi-} & \text{Nitrificação} & & & \\ & & & \text{posição} & \text{sedimento} & \text{síntese} & \text{ração} & & & & \end{array}$$

Onde:

dC/dt = taxa de variação da concentração de OD ao longo do tempo, mgL^{-1} ;

K_2 = coeficiente de reaeração, dia^{-1} ;

C_s = concentração de saturação de OD na altitude, mgL^{-1} ;

C = concentração de OD em um tempo t qualquer, mgL^{-1} ;

K_d = coeficiente de decomposição, dia⁻¹;

L = concentração de DBO remanescente, mgL⁻¹;

S_d = demanda de oxigênio pelo sedimento, gO₂m³dia⁻¹;

F = taxa de produção de oxigênio por fotossíntese, gO₂m³dia⁻¹;

K_{an} = coeficiente de conversão da amônia a nitrato, d⁻¹;

R = taxa de consumo de oxigênio pela respiração, gO₂m³dia⁻¹;

$R_{O_2amon.}$ = Relação entre O₂ consumido por unidade de amônia oxidada a nitrito, mg O₂ por mg N_{amon};

f_{nitr} = fator de correção do coeficiente de nitrificação, adimensional;

N_{amon} = concentração de nitrogênio amoniacal, mgL⁻¹.

Para a determinação da concentração de OD ao longo do trecho aplica-se a Equação 18, expressa em equações diferenciais.

$$\frac{dC}{dt} = +K_2(C_s - C) - K \frac{L}{\text{Posição}} - S_{\text{Demanda do sedimento}} + F_{\text{Fotos-síntese}} - R_{\text{Respi-Ração}} - R_{O_2amon.}(f_{nitr}K_{an})N_{amon} \quad (18)$$

A integração analítica da Equação 18 resulta na Equação 19, e para a obtenção dos valores da concentração de OD ao longo do trecho aplica-se a Equação 12, seção 4.3.1.1.

$$D = D_0 e^{-K_2 t} + (K_u L_0 / K_2 - K_r)(e^{-K_r t} - e^{-K_2 t}) + (R_{O_2amon.} K_{an} N_{amon} / K_2 - K_{an})(e^{-K_{an} t} - e^{-K_2 t}) + S (1 - e^{-K_2 t}) - (F / K_2)(1 - e^{-K_2 t}) + (R / K_2)(1 - e^{-K_2 t})$$

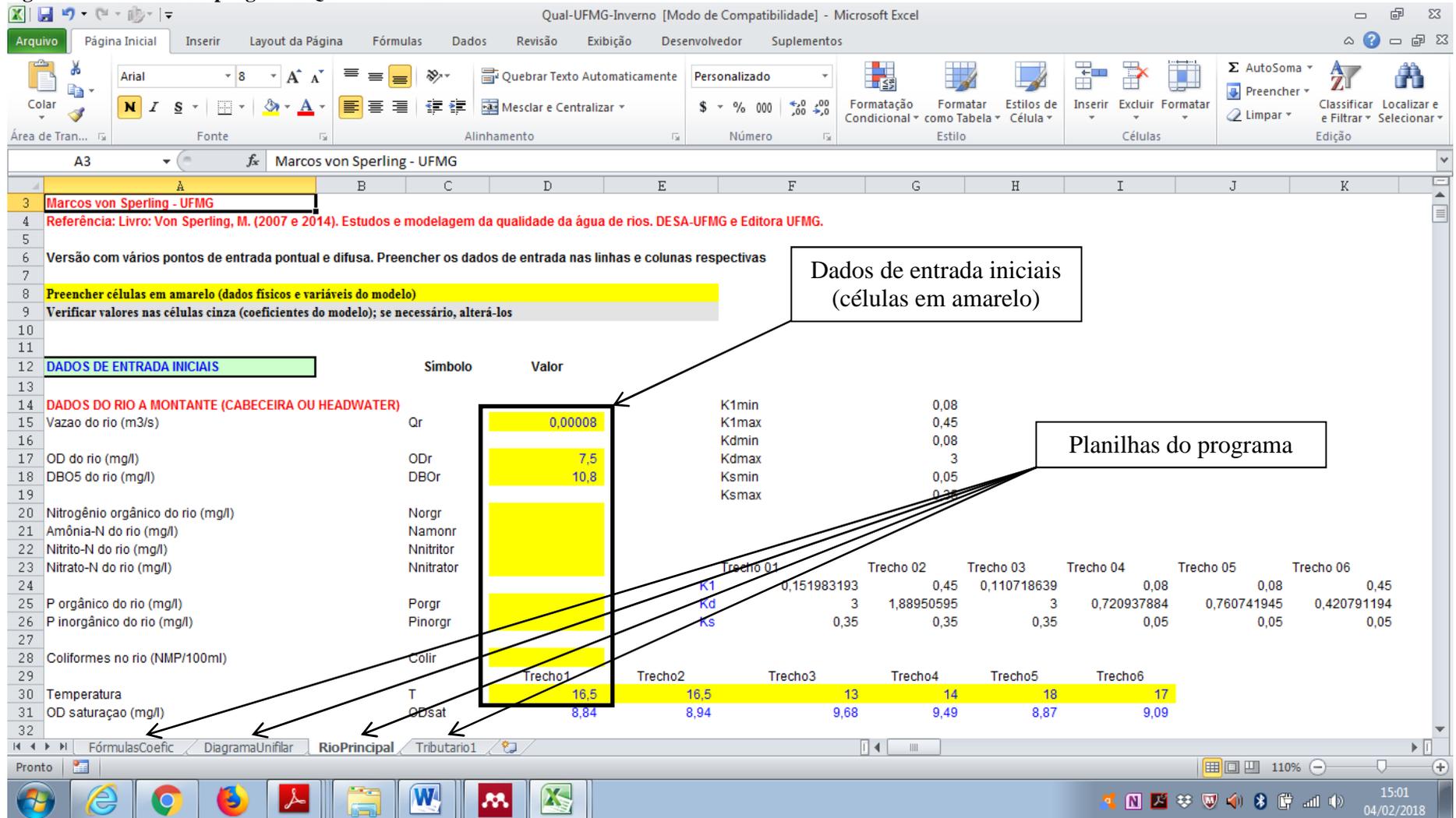
Déficit de OD
DBO pontual
Nitrificação
Demanda de sedimento (19)
Fotossíntese
Respiração

O modelo QUAL-UFMG divide-se em quatro planilhas, com as seguintes nomenclaturas: FórmulasCoefic; DiagramaUnifilar; RioPrincipal; Tributario1.

Na Figura 3 encontra-se apresentadas as planilhas do modelo QUAL-UFMG.

Na planilha “FórmulasCoefic” contém as informações de consulta ao usuário, como equações utilizadas no modelo e valores típicos dos coeficientes de entrada. Na planilha “DiagramaUnifilar” o usuário pode montar o diagrama do curso de água, identificando os tributários do rio principal, assim como os pontos de lançamento de efluentes. Na planilha “RioPrincipal” contém as equações analíticas da modelagem do rio principal e também onde são inseridos os dados de entrada e apresentados os resultados através de valores em células e em gráficos.

Figura 3 – Planilhas do programa QUAL-UFMG.



Fonte: modificado printscreen da planilha QUAL-UFMG (UFMG, 2017).

Na planilha “Tributario1”, o usuário poderá realizar a modelagem de qualidade da água para os tributários, essa planilha é opcional e semelhante à planilha “RioPrincipal”. A modelagem pode ser realizada para diversos tributários na mesma plataforma.

Nas células de coloração amarela o usuário informa os dados de entrada, nas de coloração cinza são apresentados os valores de coeficientes típicos, podendo ser alterados de acordo com as características da área de estudo.

Nas células fixas o usuário informa os dados pontuais, como: vazão; velocidade; coeficientes; OD; DBO; padrões de qualidade de acordo com a legislação; delta de integração. Esses dados referem-se aos de montante do rio. Nas colunas o usuário pode informar os dados distribuídos, tais como: vazão incremental; vazão de esgoto; coeficientes que variam ao longo do percurso; taxa de fotossíntese; taxa de respiração pelos microrganismos; carga de DBO distribuída; carga gerada pelos sedimentos.

O modelo irá apresentar valores calculados dos parâmetros modelados ao longo do trecho do rio, porcentagem de extensão do rio que atende aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental, para cada parâmetro, e gráficos dos perfis de concentração ao longo do trajeto do rio.

O modelo QUAL-UFMG tem sido utilizado por muitos pesquisadores para a modelagem da qualidade da água com diferentes propósitos.

Rodrigues et al. (2009) simularam a capacidade de autodepuração do Rio Anhanduí, Mato Grosso do Sul, considerando o lançamento da ETE com 0%, 70% e 92% de eficiência na remoção de DBO_{5,20}. Na simulação de eficiência de 0% apenas 32,7% da extensão do trecho atendeu ao padrão de qualidade para OD, enquadrando o rio como Classe 2. Para as demais eficiências em todo o trajeto atendeu ao parâmetro OD. Na análise da DBO os padrões de qualidade não foram atendidos em nenhuma das simulações. Portanto, o corpo hídrico não apresentou condições de autodepuração.

Costa e Teixeira (2010) na avaliação da capacidade de autodepuração do Ribeirão Ouro delimitaram fisicamente as zonas de autodepuração a partir do perfil de concentração de OD, tendo como resultado que em 5,1 km de extensão refere-se à zona de águas limpas, 1,5 km zona de degradação, 3,7 km zona de decomposição ativa e 6,7 km na zona de recuperação.

Teodoro et al. (2013), realizaram a simulação de lançamento de efluentes de seis atividades ao longo do Rio Taquarizinho, utilizando o modelo QUAL-UFMG. A modelagem foi realizada para três vazões do rio. Os resultados da simulação para o parâmetro OD e DBO_{5,20} mostrou que a porcentagem de atendimento aos padrões da legislação vigente foram em torno de 90% do trecho do rio, para as diferentes vazões. Concluíram que a bacia

hidrográfica do Rio Taquarizinho, mesmo com elevadas atividades antrópicas, apresenta capacidade de autodepuração para a instalação de novos empreendimentos com lançamentos de efluentes.

Oliveira Filho e Lima Neto (2017), aplicaram o modelo QUAL-UFMG no Rio Poti, Terezina, Piauí, para a modelagem de OD, DBO e coliformes termotolerantes considerando múltiplas fontes de lançamentos de efluentes nas condições de vazões críticas. A calibração do modelo foi satisfatória para todos os parâmetros, sendo que a diferença entre os dados modelados e os observados foram inferiores a 20%. Na simulação de vazão máxima os coliformes termotolerantes apresentaram desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, para corpos hídricos de Classe 2, em 58% de extensão do rio, enquanto que o OD e a DBO atendeu em toda a extensão. Para a vazão mínima verificou-se a desconformidade para os três parâmetros, indicando que as condições de qualidade são influenciadas pela diluição.

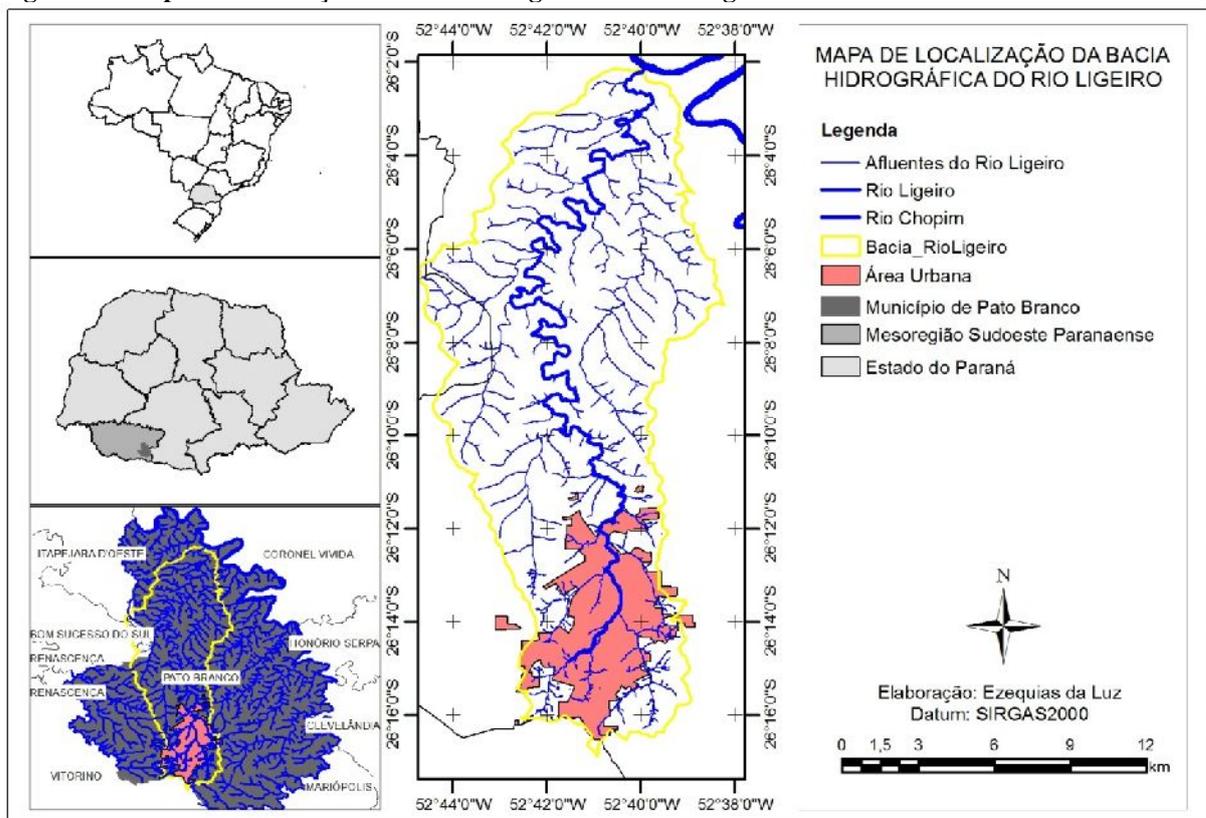
Salla et al. (2013), estudaram a capacidade de autodepuração do Rio Jordão tendo como fonte pontual a contribuição real do córrego Brejo Alegre e também a simularam cenários, cenário 1 e 2, de lançamento de efluentes domésticos na confluência destes corpos hídricos. O estudo foi realizado no período de estiagem. Na modelagem das condições reais foi verificado que os parâmetros OD, nitrogênio e suas frações, fósforo total e coliformes termotolerantes atendem aos limites preconizados na Resolução do CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos Classe 2. Enquanto que a DBO apresentou concentrações acima do limite em todo o trecho modelado. No cenário 1 foi proposto o sistema de tratamento secundário composto de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa. Para o cenário 2 foi proposto o sistema de tratamento secundário de lodo ativado convencional, com eficiência de 75% e 85%, respectivamente. Em ambos os cenários o Rio Jordão não apresentou capacidade de autodepuração devido ao não atendimento de OD e DBO.

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Ligeiro situa-se entre os paralelos 26°01'24" e 26°16'51" de latitude Sul e 52°45'11" e 52°38'09" de longitude Oeste, nos municípios de Bom Sucesso do Sul e Pato Branco, mesorregião Sudoeste Paranaense.

A localização geográfica da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro juntamente com os cursos de água e área urbana do município de Pato Branco encontra-se ilustrada na Figura 4.

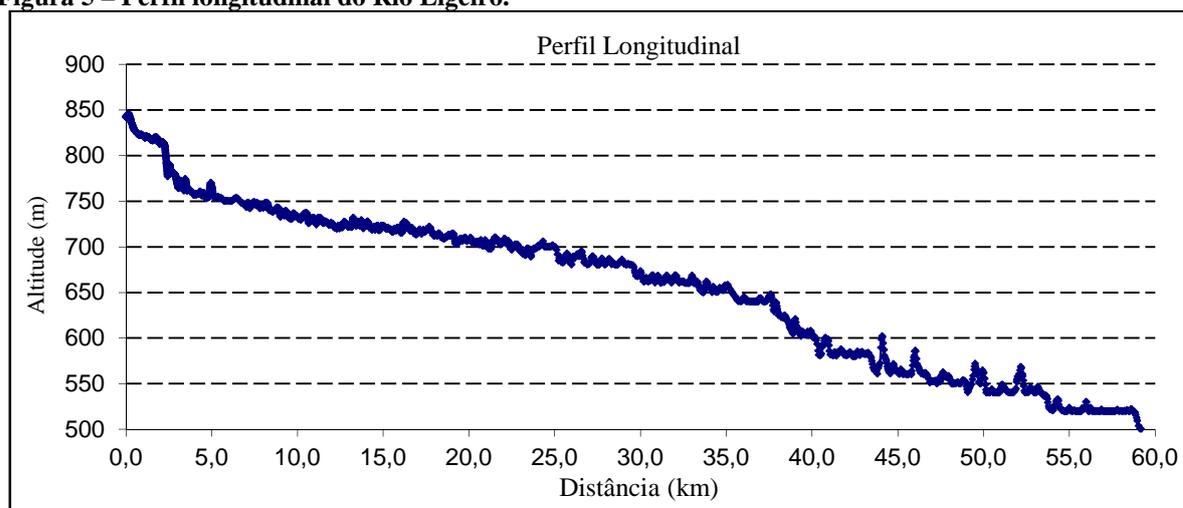
Figura 4 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Rio Ligeiro possui extensão de 59,06 km com área de drenagem de 17.333,35 ha, sendo que 695,87 ha (4%) localizam-se no município de Bom Sucesso do Sul e o restante pertence ao município de Pato Branco. Suas nascentes localizam-se na Zona Sul do município de Pato Branco, na altitude em torno de 860 m, e sua foz na margem esquerda do Rio Chopim, altitude em torno de 500 m, na divisa com o município de Coronel Vivida.

Na Figura 5 encontra-se apresentado o perfil longitudinal do Rio Ligeiro, entre a nascente e a foz.

Figura 5 – Perfil longitudinal do Rio Ligeiro.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O Rio Ligeiro tem como principais afluentes o Arroio Ligeiro, na margem direita, Córrego Penso, Rio Passo da Pedra e Arroio Gramado, ambos na margem esquerda (TOMAZONI, 2009). Além desses corpos hídricos, o Rio Ligeiro possui diversos outros corpos hídricos compondo, assim, a sua rede de drenagem. Salienta-se que à maioria dos cursos de água localizados na área urbana do município de Pato Branco encontram-se canalizados na parte superior e lateral.

O município de Pato Branco possui área territorial de 53.847,76 ha, com população de 72.370 habitantes, censo demográfico de 2010, destes 68.091 habitantes (94%) domiciliados na área urbana, para o ano de 2017 estima-se a população de 80.710 habitantes (IBGE, 2017). A área urbana do município de Pato Branco ocupa área de 2.559,37 ha, destes aproximadamente 96% encontra-se na bacia hidrográfica do Rio Ligeiro (Figura 4) o que representa em torno de 15% da área total da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro.

Os efluentes domésticos do município de Pato Branco são coletados e enviados para a ETE da SANEPAR, sendo que o atendimento ao esgoto é de 84,24% com 18.346 ligações atendendo a 24.270 unidades (IBGE, 2017).

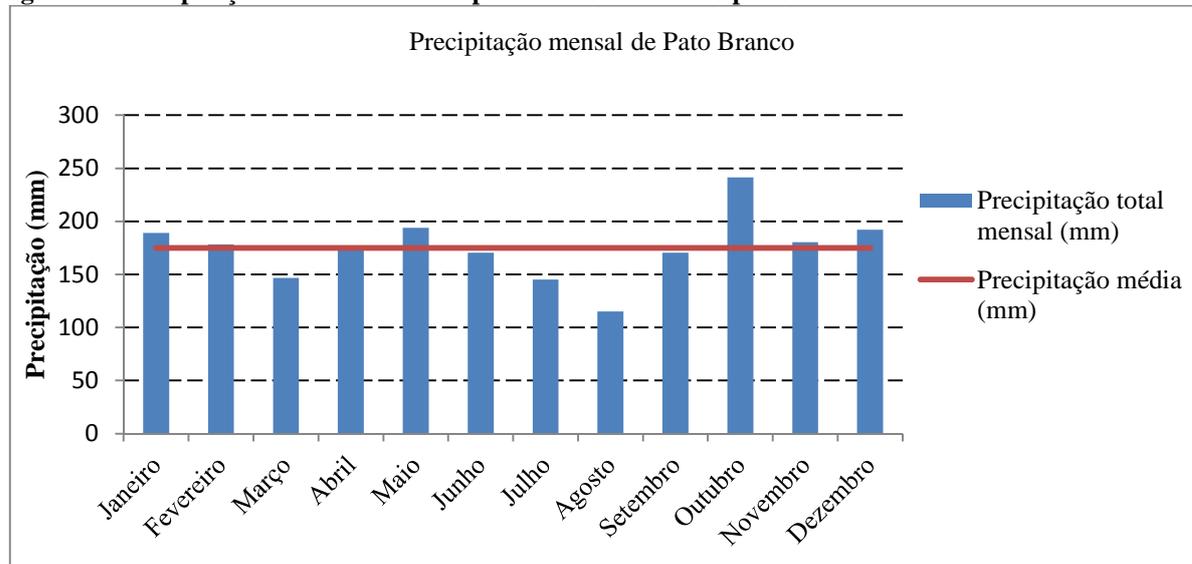
O uso principal das águas do Rio Ligeiro refere-se ao transporte e diluição de efluentes de origem doméstica e industrial, não havendo captação de água com outorgas vigentes junto ao órgão competente (PARANÁ, 2017).

De acordo com a classificação de Köppen o clima é do tipo Cfb (TABALIPA; FIORI, 2008b; TOMAZONI; GUIMARÃES, 2015), caracterizado pelo clima temperado e úmido, com temperatura média no mês mais quente inferior a 22 °C.

A precipitação média anual para o município de Pato Branco é de 2.098 mm ano⁻¹, sendo o mês de agosto mais seco, com precipitação total mensal média de 113,6 mm, e o mais chuvoso o mês de outubro, com precipitação total mensal média de 242,5 mm, registros referentes ao período de 1979 a 2016 (INSTITUTO AGROCLIMÁTICO DO PARANÁ - IAPAR, 2017).

Na Figura 6 encontra-se apresentada a distribuição da precipitação mensal do município de Pato Branco.

Figura 6 – Precipitação mensal do município de Pato Branco no período de 1979 a 2016



Fonte: Dados obtidos do IAPAR (2017).

A altitude do município de Pato Branco varia de 480 m a 914 m, sendo que a faixas de 700 m a 800 m e de 600 m a 700 m são as predominantes, representando 41,23% e 33,61% da área total, respectivamente. Em relação à declividade, a faixa predominante refere-se às classes de 10 – 15%, relevo ondulado, seguido da faixa 0 – 5%, relevo plano e suave ondulado, e a faixa de 15 – 25%, relevo suave ondulado, representando 24,40%, 22,70% e 22,12%, respectivamente. As demais faixas, 0 – 5% e superiores a 25% representam juntas 30,78% (BALENA; BORTOLINI; TOMAZONI, 2009).

6 METODOLOGIA

Para alcançar aos objetivos propostos o presente estudo foi desenvolvido através dos procedimentos metodológicos descritos nas seções 6.1 a 6.7.

6.1 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTOS E TRECHOS

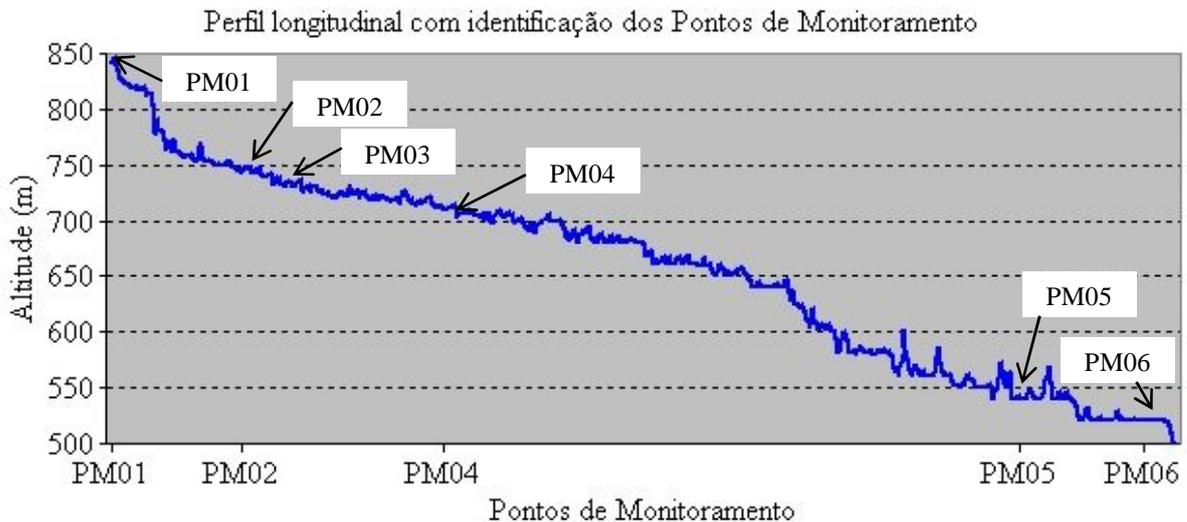
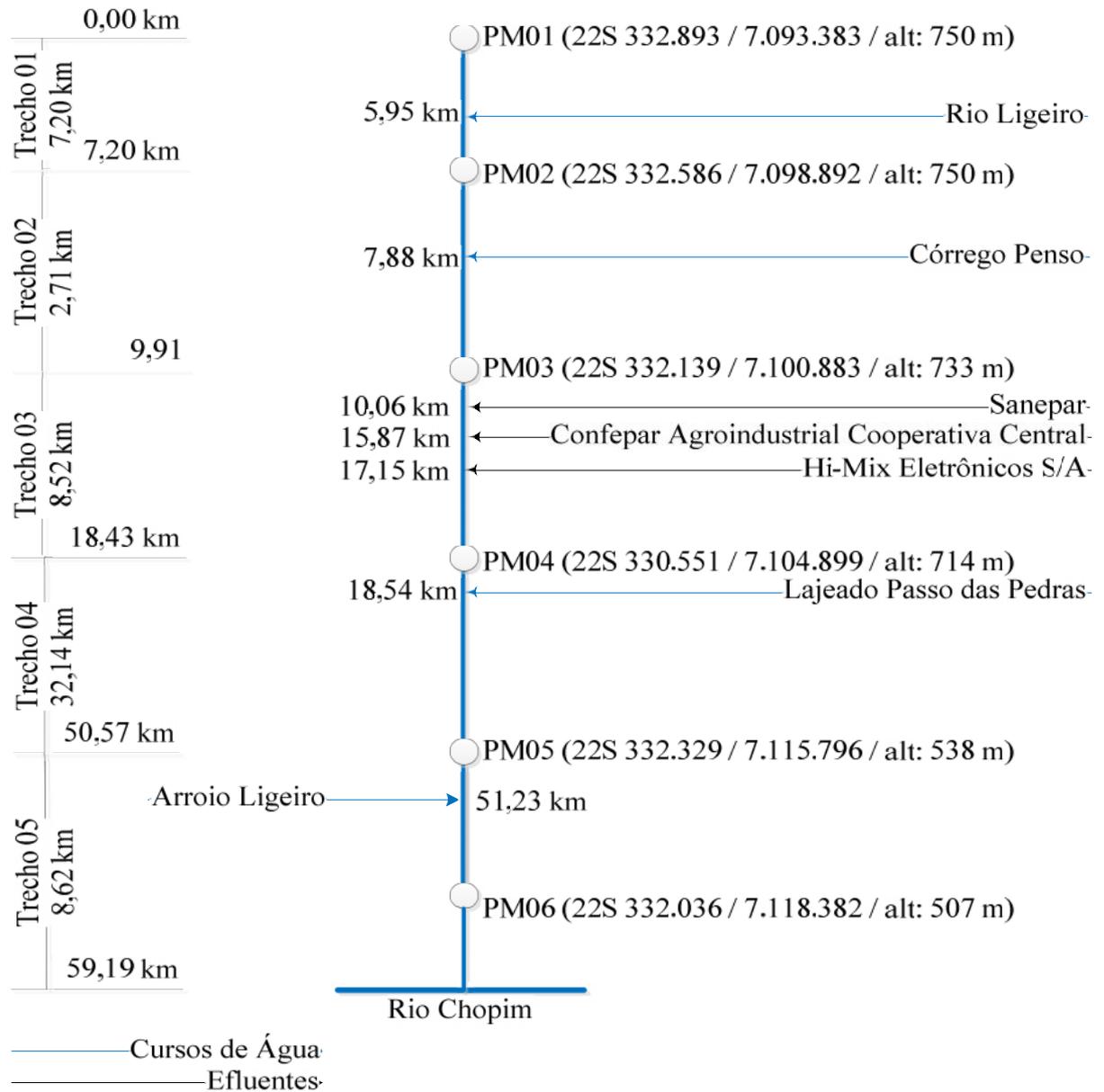
Os parâmetros de qualidade da água apresentam variação espacial e temporal. Neste sentido, no presente estudo foram selecionados pontos distribuídos ao longo do rio de forma a obter a variação espacial da qualidade da água.

Para a seleção dos pontos de monitoramento (PM) utilizou-se o banco de dados geográficos do município de Pato Branco, cedidos pelo Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni, contendo os cursos de água e imagens de alta resolução, resolução espacial de 0,60 m, do satélite QuickBird de agosto de 2005 (TOMAZONI, 2009). Os critérios considerados para seleção dos PM foram: extensão do rio; diversidade de uso e ocupação do solo; localização dos tributários; localização dos pontos de lançamentos de efluentes; características hidráulica-hidrológicas; facilidade de acesso em condições críticas de vazão; disponibilidade de recursos humanos e financeiros. Posteriormente, realizou-se a visitação *in loco* para verificação das condições de acessibilidade, coleta das amostras e obtenção dos dados hidráulica-hidrológicas. nos respectivos PM.

Com base nas visitas aos PM, considerando a disponibilidade de recursos humanos e financeiros e a extensão do Rio Ligeiro, estabeleceram-se seis PM, sendo adotadas as seguintes nomenclaturas: Ponto 01 (PM01); Ponto 02 (PM02); Ponto 03 (PM03); Ponto 04 (PM04); Ponto 05 (PM05); Ponto 06 (PM06). O monitoramento abrangeu desde uma das nascentes (afluente) do Rio Ligeiro até a confluência com o Rio Chopim. Portanto, o monitoramento da qualidade da água compreendeu uma extensão de 59,19 km, sendo 5,95 km de extensão de um afluente e 53,24 km o Rio Ligeiro. A localização geográfica dos PM foi obtida com o uso de um *Global Position System* (GPS) de navegação Etrex Garmin da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Francisco Beltrão.

Tendo como base os PM definiu os trechos de modelagem utilizando, tendo como critério os PM, definidos cinco trechos: Trecho 01; Trecho 02; Trecho 03; Trecho 04; Trecho 05. Na Figura 7 é apresentado o diagrama unifilar e o perfil longitudinal do trecho de modelagem, com a localização dos PM, afluentes principais, lançamentos de efluentes com outorgas de uso, coordenadas em UTM e distâncias em relação ao PM01.

Figura 7 – Diagrama unifilar e perfil longitudinal do rio da área de estudo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A escolha do PM 01, Figura 8(a), teve como objetivo o conhecimento das condições de qualidade da água com o mínimo de interferência urbana e, dessa forma, possibilitar a comparação das condições de qualidade com os demais PM. Em relação ao uso dessa água, uma parcela fica armazenada em uma caixa de alvenaria tendo como destino o consumo humano na propriedade, o restante segue o curso natural do rio. Num raio de 500 m, o uso e ocupação do solo referem-se a parcelas de atividades agrícolas, áreas de mata e área urbanizada do Bairro Galha Azul.

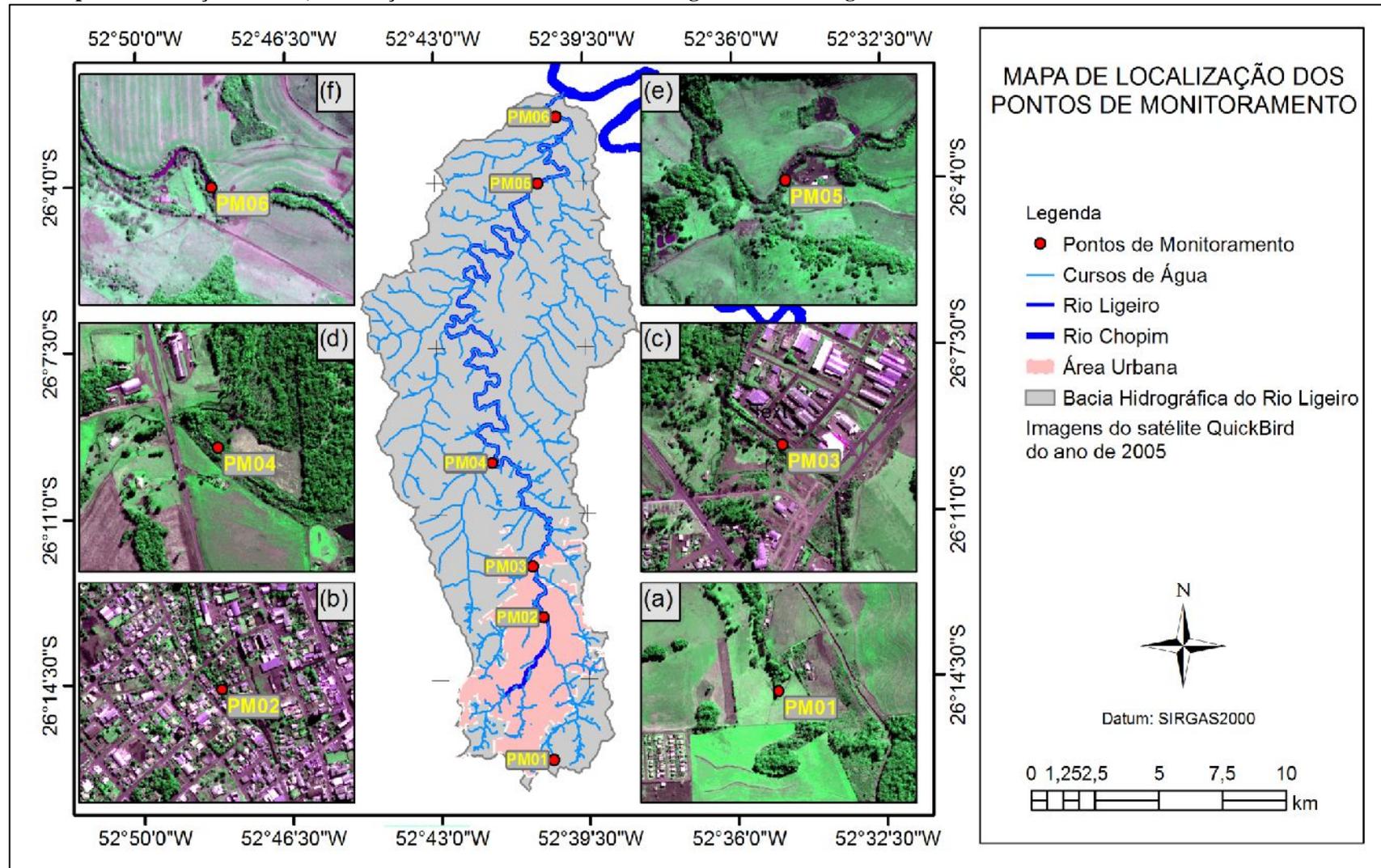
O PM02 situa-se na área central do município de Pato Branco, Figura 8(b). A escolha se deu em função que o rio encontra-se, em grande parte, à montante canalizado nas laterais e na parte superior dificultando, assim, o acesso. Além disso, optou-se por coletar dados de características hidráulicas-hidrológicas em um trecho canalizado de forma a considerar as variáveis constantes para a aplicação da modelagem da qualidade da água. Num raio de 500 m, o uso e ocupação do solo referem-se à área urbana com a presença de vegetação em alguns pontos na margem do rio. A jusante desse ponto tem-se, ainda, um cemitério situado na margem direita.

O PM 03 localiza-se após o perímetro urbano do município de Pato Branco e a montante do lançamento de efluentes da ETE da SANEPAR, Figura 8(c). Esse PM tem como objetivo representar as condições de qualidade da água frente ao uso e ocupação urbana a montante e diagnosticar o impacto do lançamento de efluentes à jusante. Num raio de 500 m, o uso e ocupação do solo têm-se atividades industriais, áreas de vegetação e ocupação urbana. As atividades industriais referem-se a metalúrgicas, gráficas, madeireiras e fundições.

O PM 04 localiza-se a jusante do lançamento de efluentes da SANEPAR e de atividades industriais e a montante da confluência do Rio Passo da Pedra com o Rio Ligeiro, Figura 8(d). A escolha desse local objetivou diagnosticar a qualidade da água após o lançamento pontual de efluentes e tendo em vista que a bacia do Rio Passo da Pedra possui uma significativa extensão de área em relação à bacia do Rio Ligeiro. Logo, a bacia do Rio Passo da Pedra pode interferir na qualidade da água do Rio Ligeiro. O uso e ocupação do solo, num raio de 500 m do PM 04, caracterizam-se por atividades industriais, atividades agrícolas e vegetação arbórea.

O PM 05 e PM06, ilustrados na Figura 8(e) e Figura 8(f), respectivamente, localizam-se em propriedades particulares sendo que o uso e ocupação do solo, num raio de 500 m, caracterizam-se por atividades agrícolas, pastagem e mata.

Figura 8 – Mapa de localização dos PM, localização da área urbana e bacia hidrográfica do Rio Ligeiro.



Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2 DADOS HIDROLÓGICOS DO CURSO DE ÁGUA

Para a modelagem da capacidade de autodepuração dos cursos de água é necessário o conhecimento de diversos parâmetros e variáveis. Entre essas variáveis a vazão é parâmetro de entrada para a calibração do modelo, com o objetivo de ajustar os coeficientes e, assim, obter resultados mais próximos das condições reais (PAULA, 2011). O levantamento dos dados hidrológicos foi realizado em todos os PM, utilizando o método convencional com molinete hidrométrico, exceto para o PM01 que foi realizado utilizando becker e cronômetro.

O método convencional com molinete hidrométrico consiste na determinação da área da seção molhada e da velocidade média na vertical. A área da seção molhada é obtida através da medição da largura do curso de água e da profundidade em um número significativo de pontos ao longo da seção do canal, denominada como verticais. Nas verticais fixa-se a haste do molinete e este, por sua vez, deve ser posicionado em diferentes profundidades para a mensuração da velocidade. O produto entre a área parcial com a velocidade média obtém-se a vazão parcial, Equação 20, e a soma das vazões parciais representa a vazão total na seção (SANTOS et al., 2001).

$$Q_r = v A \quad (20)$$

Onde:

Q_r = vazão do curso de água na seção, m^3s^{-1} ;

v = velocidade média do escoamento, ms^{-1} ;

A = área molhada da seção transversal, m^2 .

Os molinetes tem como princípio a rotação da hélice em torno do eixo, sendo que o aparelho irá realizar a contagem do número de voltas em um intervalo de tempo fixo, dessa forma para a obtenção da velocidade de escoamento utiliza-se uma equação que relaciona a velocidade com o número de voltas, Equação 21 (CHEVALLIER, 2009).

$$v = a N + b \quad (21)$$

Onde:

v = velocidade do fluxo, ms^{-1} ;

N = rotação por segundo (RPS), rotação s^{-1} ;

a e b = características do aparelho, adimensional.

A mensuração da velocidade foi realizada com um molinete fluviométrico modelo MLN-7, marca JCMT, da UTFPR Câmpus Francisco Beltrão. Para o posicionamento do molinete adotou o método dos dois pontos, que utiliza um ponto (60% da profundidade) para as verticais com profundidade inferior a 0,60 m e dois pontos (20% e 80% da profundidade) para as verticais com profundidades superiores a 0,60 m (SANTOS et al., 2001).

A determinação da velocidade foi realizada somente nas verticais que apresentavam profundidades superiores a 0,25 m, pois Santos et al. (2001) orienta que a hélice do molinete deve ser posicionada no mínimo a 0,10 m abaixo da superfície líquida e a 0,15 m acima do fundo do canal. A equidistância adotada entre as verticais foi de 0,50 m.

Com os valores de RPS da hélice aplicou-se na Equação 22 ou a Equação 23 do equipamento, certificado de calibração nº 343-1293-2014, para a obtenção dos valores de velocidade. Para as verticais com dois pontos de posicionamento do molinete aplicou-se a média aritmética para a obtenção da velocidade média na vertical.

Equação válida para $N \leq 0,7097$:

$$v = 0,23959940 N + 0,04746584 \quad (22)$$

Equação válida para $N > 0,7097$:

$$v = 0,28250378 N + 0,01701757 \quad (23)$$

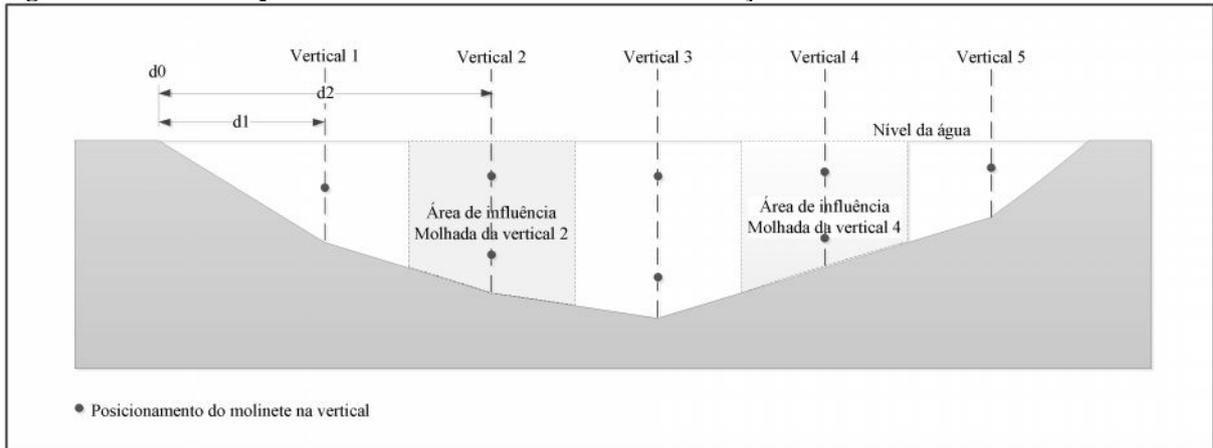
Onde:

v = velocidade do fluxo, ms^{-1} ;

N = RPS, rotação s^{-1} .

As medidas das seções transversais foram realizadas através da fixação de uma corda entre as margens do rio ficando um pouco acima da lâmina de água. A corda utilizada foi marcada previamente a cada 0,50 m servindo, assim, como referência para a medição da profundidade e posicionamento da haste do molinete.

Posteriormente, com os valores de velocidade e profundidade adotou-se o método de meia-seção para o cálculo das vazões parciais e vazão total. Segundo Santos et al. (2001) o método de meia-seção é um dos mais utilizado pelas entidades de hidrometria do Brasil. Nesse método as vazões parciais são calculadas através da multiplicação da velocidade média na vertical pelo produto da profundidade na vertical e pela soma das semi-distâncias das verticais adjacentes. A Figura 9 apresenta o desenho esquemático do cálculo por esse método.

Figura 9 – Desenho esquemático de cálculo do método de meia seção.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O cálculo da vazão para cada segmento foi obtido através da Equação 24 e a vazão total obtida através do somatório das vazões parciais, Equação 25 (SANTOS et al. 2001).

$$Q_i = ((d_{i+1} - d_{i-1})/2) p_i v_i \quad (24)$$

Onde:

Q_i = vazão do segmento, $m^3 s^{-1}$;

d_{i+1} = distância da margem inicial a vertical posterior analisada, m;

d_{i-1} = distância da margem inicial a vertical anterior analisada, m;

p_i = profundidade da vertical analisada, m;

v_i = velocidade média aritmética da vertical, ms^{-1} .

$$Q_{total} = \sum Q_i \quad (25)$$

Onde:

Q_{total} = vazão total na seção do canal, $m^3 s^{-1}$;

Q_i = vazão do segmento, $m^3 s^{-1}$.

A área da seção transversal, velocidade média e profundidade média foram obtidas através da Equação 26, Equação 27 e Equação 28, respectivamente, apresentada em Santos et al. (2001).

$$A = \sum ((d_{i+1} - d_{i-1})/2) p_i \quad (26)$$

Onde:

A = área molhada da seção transversal, m^2 .

d_{i+1} = distância da margem inicial a vertical posterior analisada, m;

d_{i-1} = distância da margem inicial a vertical anterior analisada, m;

p_i = profundidade da vertical analisada, m.

$$v_m = Q_{total}/A \quad (27)$$

Onde:

v_m = velocidade média da seção transversal, ms^{-1} ;

Q_{total} = vazão total na seção do canal, m^3s^{-1} ;

A = área molhada da seção transversal, m^2 .

$$p_m = A / L \quad (28)$$

Onde:

p_m = profundidade média da seção transversal, m;

A = área molhada da seção transversal, m^2 ;

L = largura do rio, m.

Os cálculos hidrológicos dos PM foram realizados através de uma planilha no programa *Excel*.

O monitoramento da vazão no PM01 foi realizado através do método volumétrico, tendo em vista que se trata de uma nascente com reservatório de água. Na saída do reservatório tem-se instalada uma tubulação para o escoamento do excedente da água, sendo, assim, o monitoramento da vazão foi realizado nesta tubulação medindo-se o tempo, com cronometro digital, para encher um recipiente de volume conhecido. O recipiente utilizado foi um bécker com capacidade de 500 mL, as medições foram realizadas em triplicata. Já a largura e a profundidade foi medida logo após a saída dessa tubulação que forma um pequeno canal de escoamento.

6.3 FREQUÊNCIAS E COLETAS DAS AMOSTRAS

A ABNT (1987a) orienta que o monitoramento deve compreender períodos de variações das condições críticas de vazão do curso de água e variação estacional. Neste sentido, considerando as variações em função das estações do ano e condições de vazão mínima, média e máxima do Rio Ligeiro realizou-se campanhas de monitoramento nos seguintes períodos: fevereiro de 2017 – campanha de verão; junho de 2017 – campanha de outono; agosto de 2017 – campanha de inverno; outubro de 2017 – campanha de primavera.

A seleção dos meses das campanhas de coleta foi com base na análise histórica da precipitação mensal para o município de Pato Branco, Figura 6, sendo que identificou-se que os meses de fevereiro e junho correspondem aos meses com precipitação próximos da média, enquanto que o mês de junho e outubro refere-se aos meses de estiagem e chuvoso.

Na Tabela 5 são apresentadas as datas e os horários das coletas das amostras e dos dados hidrológicos nos respectivos PM.

Tabela 5 – Campanhas, datas e horário das coletas nos PM.

Campanha de monitoramento	Datas de coleta	Hora de coleta					
		PM01	PM02	PM03	PM04	PM05	PM06
Campanha de verão	21-02-2017	08:10	10:00	11:55	13:47	16:55	
	22-02-2017						10:15
Campanha de outono	12-06-2017	14:25	15:30	17:03			
	13-06-2017				09:50	11:44	12:53
Campanha de inverno	09-08-2017					14:50	16:00
	10-08-2017	10:40	10:10	09:40	08:25		
Campanha de primavera	22-10-2017	19:10	12:50	12:22	11:45	10:00	10:55

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em todos os PM foram utilizados os seguintes materiais: frasco de Winkler e soluções de iodeto alcalino com azida de sódio e sulfato de manganês para preservação do OD; frasco de 100 mL de polietileno para análise de fósforo total; frasco de 1 L esterilizado para as análises físicas, químicas e microbiológicas; termômetro; caixa de isopor; gelo; prancheta; ficha de anotações; GPS de navegação Etrex Garmin. O GPS foi utilizado em somente umas das campanhas de coleta para determinar as coordenadas geográficas dos PM.

No PM01 as amostras de água foram coletadas manualmente em uma tubulação de escoamento do excedente da água do reservatório. Nos demais pontos a coleta foi realizada manualmente na posição central da seção do curso de água, mergulhando os frascos com a boca virada para baixo, profundidade entre 15 cm e 30 cm em relação à superfície, inclinando-o lentamente no sentido contrário ao fluxo de água permitindo assim a saída de ar

e, conseqüentemente, o preenchimento do recipiente. Após, os frascos foram etiquetados com a identificação do PM, data e hora de coleta, temperatura do ar e da água e parâmetros a serem analisados. Posteriormente, foram acondicionados sob-refrigeração com gelo em caixa de isopor até a chegada aos laboratórios. Nas amostras submetidas à análise de OD adicionou-se solução de iodeto alcalino com azida de sódio e sulfato de manganês para preservação da amostra. A temperatura foi determinada em campo com termômetro de mercúrio.

6.4 PARÂMETROS E ANÁLISES

Para o monitoramento da qualidade da água e das condições de autodepuração de um curso de água exige-se o conhecimento de diversos parâmetros de qualidade.

Neste estudo, os parâmetros de qualidade analisados basearam-se nas variáveis utilizadas no IQA, sendo, portanto, parâmetros físicos, químicos e biológicos. Os parâmetros físicos foram temperatura e sólidos totais, os parâmetros químicos foram pH, DBO, OD, nitrogênio total e fósforo total e o parâmetro biológico foi coliformes termotolerantes.

Após as coletas as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Qualidade Agroindustrial (LAQUA) da UTFPR, Câmpus Pato Branco, exceto as amostras submetidas à análise de fósforo total que foram encaminhadas ao Laboratório de Garantia de Qualidade (LGQ) no município de Francisco Beltrão. Os frascos esterilizados e os reagentes químicos de preservação foram fornecidos pelos laboratórios. No Quadro 1 encontram-se apresentados os parâmetros analisados, técnicas de preservação adotada e o método de análise.

Quadro 1 – Parâmetros, preservação, metodologia e metodologia de análises.

Parâmetros	Tipo de Preservação	Método de análise	Metodologia	
Físicos	Temperatura	...	<i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 21 ed., 2005.</i>	
	Turbidez	Refrigeração		
	Sólidos totais	Refrigeração		
Químicos	pH	Refrigeração	Método de Winkler	
	DBO	Refrigeração		
	OD	Refrigeração, sulfato manganoso e iodeto-azida	Método de Winkler	
	Nitrogênio total	Refrigeração	Método Kjeldahl	
	Fósforo total	Refrigeração	Método ácido ascórbico	<i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 22 ed., 2012.</i>
Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	Refrigeração	Método de tubos múltiplos	<i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 21 ed., 2005.</i>

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.5 CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

O IQA retrata através de um número a qualidade da água bruta de um ponto de interesse. Para a determinação do IQA utiliza-se o conjunto de nove parâmetros, sendo: temperatura; sólidos totais; pH; DBO; OD; nitrogênio total; fósforo total; coliformes termotolerantes (OLIVEIRA et al., 2014b).

O IQA foi calculado em planilha do *Excel*, Exemplo6_2_IQA disponibilizada pela Editora UFMG (2017), com base nos resultados das análises descritas na seção 6.4.

A planilha Exemplo6_2_IQA utiliza o método multiplicativo, conforme apresentado na seção 4.2.1. Nessa planilha são informados os valores de w_i e os resultados das análises laboratoriais de cada parâmetro e obtêm-se, assim, os valores de q_i e o IQA automaticamente. Os valores de q_i são obtidos a partir de equações que representam as curvas médias para cada parâmetro, tais equações são apresentadas na Tabela 6.

Ao final do cálculo do IQA obteve-se valores compreendidos entre 0 e 100 para cada ponto de interesse. Para a classificação do nível de qualidade da água em cada PM utilizou os intervalos apresentados na Tabela 1 da seção 4.2.1.

Tabela 6 – Equações de cálculo pra obtenção dos valores de q_i .

Parâmetro	Limite mínimo (<)	Limite máximo ()	Equação de q_i
Log 10 (coliformes termotolerantes)	0	1	$100 - 33 \cdot \log C$
	1	5	$100 - 37,2 \cdot \log C + 3,604743 \cdot \log C^2$
	5		
pH	0,0	2,0	2
	2,0	4,0	$13,6 - 10,6 \cdot \text{pH} + 2,4364 \cdot \text{pH}^2$
	4,0	6,2	$155,5 - 77,36 \cdot \text{pH} + 10,2481 \cdot \text{pH}^2$
	6,2	7,0	$-657,2 + 197,38 \cdot \text{pH} - 12,9167 \cdot \text{pH}^2$
	7,0	8,0	$-427,8 + 142,05 \cdot \text{pH} - 9,695 \cdot \text{pH}^2$
	8,0	8,5	$216 - 16 \cdot \text{pH}$
	8,5	9,0	$1415823 \cdot \text{EXP}(-1,1507 \cdot \text{pH})$
	9,0	10,0	$228 - 27 \cdot \text{pH}$
	10,0	12,0	$633 - 106,5 \cdot \text{pH} + 4,5 \cdot \text{pH}^2$
	12,0	14,0	3
DBO (mg/L)	0	5	$99,96 \cdot \text{EXP}(-0,1232728 \cdot C)$
	5	15	$104,67 - 31,5463 \cdot \text{LOG}10(C)$
	15	30	$4394,91 \cdot C^{-1,99809}$
	30		2
Nitrogênio total (mg/L)	0	10	$100 - 8,169 \cdot C + 0,3059 \cdot C^2$
	10	60	$101,9 - 23,1023 \cdot \text{LOG}10(C)$
	60	100	$159,3148 \cdot \text{EXP}(-0,0512842 \cdot C)$
	100		1
Fósforo total (mg/L)	0	1	$99 \cdot \text{EXP}(-0,916298C)$
	1	5	$57,6 - 20,178 \cdot C + 2,1326 \cdot C^2$
	5	10	$19,8 \cdot \text{EXP}(-0,13544 \cdot C)$
	10		5

Contínua

Parâmetro	Limite mínimo (<)	Limite máximo ()	Equação de q_i
Diferença de temperatura			94 (assumido o valor constante de 94 pela CETESB, por se considerar que, nas condições brasileiras, a temperatura dos corpos d'água não se afeta da temperatura do equilíbrio)
Turbidez (UNT)	0	25	$100,17-2,67*\text{Turb}+0,03775*\text{Turb}^2$
	25	100	$84,76*\text{EXP}(-0,016206*\text{Turb})$
	100		5
Sólidos totais (mg/L)	0	150	$79,75+0,166*C-0,001088*C^2$
	150	500	$101,67-0,13917*C$
	500		32
Porcentagem de saturação de OD (%)	0	50	$3+0,34*(\% \text{sat})+0,008095*(\% \text{sat})^2+1,35252*0,00001*(\% \text{sat})^3$
	50	85	$3-1,166*(\% \text{sat})+0,058*(\% \text{sat})^2-3,803435*0,0001*(\% \text{sat})^3$
	85	100	$3+3,7745*(\% \text{sat})^{0,704889}$
	100	140	$3+2,9*(\% \text{sat})-0,02496*(\% \text{sat})^2+5,60919*0,00001*(\% \text{sat})^3$
	140		3+47
Concentração de saturação de OD (mg/L)			$C_s=(14,62-0,3098*\text{temp}+0,006969*\text{temp}^2-0,00005896*\text{temp}^3)*(1-0,0000228675*\text{altitude})^{5,167}$
	Porcentagem de saturação (%)		$100*OD/C_s$

Conclusão

Fonte: Sperling (2014, p. 255 e p. 256).

6.6 MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA

A aplicação de modelos de qualidade da água tem como objetivo a avaliação da capacidade do rio frente aos impactos oriundos de lançamentos de efluentes, permitindo assim a análise de cenários e implantação de medidas de controle (SALLA et al., 2013).

A modelagem da qualidade da água pode ser realizada por diversos modelos ambientais. Neste estudo optou-se pelo modelo QUAL-UFMG, desenvolvido na plataforma *Microsoft Excel* por Sperling (2014), com base no modelo QUAL-2E.

A escolha do modelo se deu em função da disponibilidade do programa, facilidade entre o usuário, poucos dados de entrada e a aplicação em diversos rios brasileiros.

O modelo QUAL-UFMG possui algumas simplificações técnicas em relação ao modelo QUAL-2E, como a não modelagem das algas e suas inter-relações, tendo em vista a pouca interferência das algas em ambientes lóticos (TEODORO et al., 2013).

Nesse modelo pode ser realizada a modelagem para diversos parâmetros, tais como: DBO; OD; nitrogênio total; nitrogênio amoniacal; nitrito; nitrato; fósforo total; fósforo orgânico; fósforo inorgânico; coliformes termotolerantes (SPERLING, 2014). Contudo, neste estudo, a modelagem foi realizada para as variáveis de DBO e OD tendo em vista que tais parâmetros representam os principais fenômenos de poluição dos corpos hídricos. A modelagem compreendeu desde uma das nascentes do Rio Ligeiro até a sua foz com o Rio Chopim.

Para a aplicação do modelo QUAL-UFMG são necessários dados de entrada, tais como: trechos de monitoramento; parâmetros de qualidade da água; dados hidráulico-hidrológicos do curso de água; dados de captação de água e de lançamentos de efluentes; vazão incremental linear; coeficiente de desoxigenação (K_1); coeficiente de decomposição (K_d); coeficiente de sedimentação (K_s); coeficiente de reaeração (K_2).

Os dados da qualidade da água, trechos de monitoramento e hidráulico-hidrológicos foram utilizados os mesmos descritos nas seções 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4. Já os demais dados encontram-se descritos, a seguir, nas seções 6.6.1 a 6.6.5. Neste estudo, para a modelagem, desconsiderou-se a contribuição difusa de DBO, fotossíntese, consumo de OD pela nitrificação e respiração.

6.6.1 Captação de água e lançamento de efluentes no Rio Ligeiro

O Decreto Estadual nº 9957, de 23 de janeiro de 2014, dispõem sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos e adota outras providências, sendo que a outorga de direito tem como finalidade assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e disciplinar os acessos de direito (PARANÁ, 2014).

No artigo 6 e artigo 7 do referido decreto são apresentados os usos sujeitos a outorga e os usos independentes de outorga, respectivamente. Os usos sujeitos à outorga são: derivações ou captações de água em corpos hídricos; extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final; lançamentos de resíduos líquidos ou gasosos em corpos de água, tratados ou não; usos para aproveitamento hidrelétrico; intervenções de macrodrenagem; outros usos e ações e execuções de obras ou serviços de intervenção (PARANÁ, 2014).

Os usos independentes de outorgas referem-se aos usos considerados insignificantes. Contudo, estes deverão constar no banco de dados às informações de uso e ser objetos de normas e procedimentos específicos para o seu controle e cadastramento (PARANÁ, 2014). Os usos insignificantes são: acumulações com volume de até 15.000 m³, ou com espelho de água inferior a 10.000 m², ou com altura e barramento inferior a 1,5 m; derivações e captações individuais de até 1,8 m³h⁻¹; lançamento de efluentes em corpos hídricos com vazão de até 1,8 m³h⁻¹ (PARANÁ, 2004, 2011)

Os dados de outorgas de direito e dos cadastros de usos insignificantes encontram-se disponíveis no *site* do Instituto de Águas do Paraná. Dessa forma realizou-se a consulta referente às captações e de lançamentos de efluentes, identificando a localização geográfica, vazões de captação e de lançamentos, concentrações máximas de lançamentos para DBO.

6.6.2 Determinação da vazão incremental linear

Ao longo do percurso os rios recebem entrada de tributários e/ou até mesmo o lançamento de efluentes e/ou captações de água e, portanto tem-se uma variação da vazão ao longo do percurso.

Em relação ao Rio Ligeiro, conforme apresentado na Figura 7, ocorre à entrada de tributários e o lançamento de efluentes da ETE da SANEPAR e de atividades industriais, não sendo identificados pontos de captação de água. Diante disso, o lançamento de efluentes contribui para o aumento da vazão do curso de água. Neste estudo, foi realizado o balanço de vazão de acordo com a Equação 29, apresentada por Sperling (2014).

$$Q_{\text{rio}} = Q_{\text{rio montante}} + Q_{\text{tributário}} + Q_{\text{esgoto}} - Q_{\text{captação}} \quad (29)$$

Onde:

Q_{rio} = vazão do rio, m^3s^{-1} ;

$Q_{\text{rio montante}}$ = vazão no ponto a montante, m^3s^{-1} ;

$Q_{\text{tributário}}$ = vazão tributário, m^3s^{-1} ;

Q_{esgoto} = vazão de esgoto, m^3s^{-1} ;

$Q_{\text{captação}}$ = vazão de captação, m^3s^{-1} .

A partir da Equação 29 calculou-se a vazão incremental linear ao longo de cada trecho a ser modelado. A vazão incremental linear foi obtida a partir da diferença da vazão entre dois pontos divididos pela distância entre eles, Equação 30 (SPERLING, 2014).

$$Q_{\text{incrlinear}} = (Q_{i+1} - Q_i) ds d^{-1} \quad (30)$$

Onde:

$Q_{\text{incrlinear}}$ = vazão incremental linear, $\text{m}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-1}$;

Q_{i+1} = vazão no ponto a jusante, m^3s^{-1} ;

Q_i = vazão no ponto a montante, m^3s^{-1} ;

ds = distância do segmento, km;

d = distância entre os dois pontos, km.

A distância do segmento (ds) adotada para o cálculo da vazão incremental linear foi de 0,10 km, pois o modelo QUAL-UFMG orienta esse valor de distância.

6.6.3 Coeficientes de remoção de DBO

A aplicação da modelagem de qualidade da água para a DBO depende da entrada de diversos coeficientes, entre eles: coeficiente de desoxigenação (K_1); coeficiente de decomposição (K_d); coeficiente de sedimentação (K_s). Tais coeficientes são denominados como coeficientes de remoção de DBO.

Os coeficientes de remoção de DBO foram obtidos da literatura. Na Tabela 7 são apresentados os valores dos coeficientes corriqueiramente utilizados na modelagem de qualidade da água. Os valores foram corrigidos para as temperaturas registradas nos dias da coleta utilizando a Equação 5, apresentada na seção 4.3.1.1.

Tabela 7 – Valores típicos dos coeficientes de remoção de DBO

Origem	Valores típicos dos coeficientes de remoção de DBO, base e, 20 °C				
	K_1 (laboratório)	Rios Rasos (prof.<1,0 m ou 1,5 m)		Rios profundos (prof.>1,0 m ou 1,5 m)	
		K_d	K_s	K_d	K_s
Curso de água recebendo esgoto bruto concentrado	0,35-0,45	0,50-1,00	0,10-0,35	0,35-0,50	0,05-0,20
Curso de água recebendo esgoto bruto de baixa concentração	0,30-0,40	0,40 - 0,80	0,05 - 0,25	0,30 - 0,45	0,00 - 0,15
Curso de água recebendo efluente primário	0,30-0,40	0,50 - 0,80	0,05 - 0,10	0,30 - 0,45	0,00 - 0,05
Curso de água recebendo efluente secundário	0,12-0,24	0,12 - 0,24	-	0,12 - 0,24	-
Curso de água com águas limpas	0,08-0,20	0,08 - 0,20	-	0,08 - 0,20	-

Fonte: Sperling (2014, p. 412).

6.6.4 Coeficiente de reaeração (K_2)

Os valores de K_2 , para cada trecho, foram obtidos com base nas características hidráulicas do curso de água, utilizando a Equação 9 ou Equação 10 ou Equação 11 apresentadas na seção 4.3.1.1, de acordo com as faixas de aplicabilidade. Essas equações são as principais utilizadas para a determinação de K_2 , sendo que tais equações se complementam entre si, com extensa faixa de aplicabilidade (SPERLING, 2014). Após a obtenção dos valores de K_2 , os mesmos foram corrigidos para as temperaturas registradas nos dias das respectivas coletas utilizando a Equação 5, apresentada na seção 4.3.1.1.

6.6.5 Calibração do modelo

Para que os modelos representem as condições mais próximas da realidade deve ser realizada a calibração do modelo. Neste sentido, no presente estudo, o modelo QUAL-

UFMG foi calibrado para as variáveis de DBO e OD das respectivas campanhas de monitoramento. A calibração foi realizada de forma automática, variando os valores dos coeficientes de remoção de DBO, utilizando a ferramenta *solver* da plataforma *Excel* de modo a obter valores dos coeficientes cinéticos.

Para a calibração utilizou-se o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE), Equação 31.

$$NSE = 1 - \left\{ \left[\sum_{i=1}^n (Y_{obs} - Y_{model})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (Y_{obs,i} - Y_{med,obs})^2 \right]^{-1} \right\} \quad (31)$$

Onde:

NSE = coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe, adimensional;

Y_{obs} = valor observado;

Y_{model} = valor modelado;

$Y_{med, obs}$ = média dos valores observados.

O coeficiente de NSE varia de – a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor será o ajuste entre os dados observados e modelados (SALLA et al., 2013). Portanto, na ferramenta *solver* do *Excel* buscou maximização deste coeficiente.

6.7 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PERANTE A LEGISLAÇÃO

A Portaria nº 2914/2011 dispõe sobre a qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Conforme apresentado na seção 6.1 o PM01 trata-se de uma nascente e tendo como uso o consumo humano. Diante disso, os resultados das análises laboratoriais serão comparados com os padrões de potabilidade estabelecidos na portaria.

A Portaria Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA) nº 020 de 1992, enquadra os cursos de água da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu de domínio do Estado como Classe 2 (PARANÁ, 1992).

A Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) determina no artigo 42 que enquanto não forem aprovados os enquadramentos dos cursos de água, os rios de água doce serão enquadradas como Classe 2, exceto quando a qualidade atual forem melhores. Diante do exposto o Rio Ligeiro foi enquadrado na Classe 2, sendo que os resultados das análises dos

parâmetros monitorados foram confrontados com o que dispõe o artigo 15 da respectiva Resolução CONAMA.

Na Tabela 8 estão apresentados os parâmetros monitorados e as respectivas condições e padrões de qualidade perante a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA nº 357/2005.

Tabela 8 – Parâmetros monitorados, condições e padrões para rios de Classe 2.

Parâmetros monitorados	Unidade	Padrões de potabilidade Portaria nº 2914/2011	Condições e padrões CONAMA nº 357/2005
Sólidos totais	mgL ⁻¹	-	-
Turbidez	Ut	5,00	100
Temperatura	°C	-	± 3
Fosfato	mgL ⁻¹	-	0,030 para ambientes lênticos 0,05 para ambientes intermediários e tributários diretos de ambiente lêntico
Nitrogênio total	mgL ⁻¹	-	-
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	mgL ⁻¹	-	5,0
Potencial de hidrogênio (pH)	-	6,00 – 9,50	6,00 – 9,00
Coliformes termotolerantes	NMP100 ⁻¹ ml ⁻¹	Ausência	1000
Oxigênio dissolvido (OD)	mgL ⁻¹	-	5,0

Fonte: adaptado Brasil (2005; 2011b).

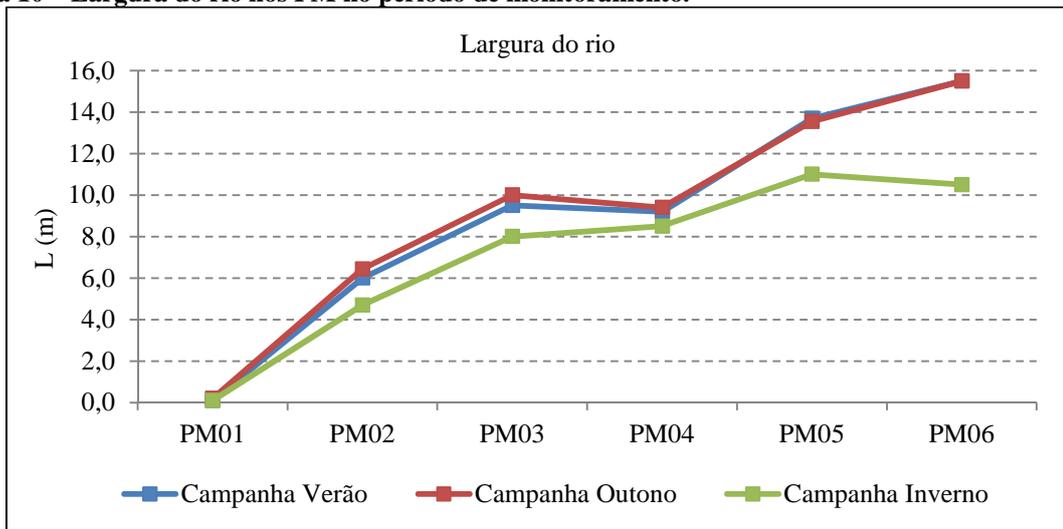
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 DADOS HIDROLÓGICOS

O levantamento dos dados hidrológicos foi realizado em todos os PM em três campanhas de monitoramento (campanha de verão, de outono e de inverno). Na campanha de primavera não foi possível realizar o monitoramento dos dados hidrológicos em função do elevado nível e velocidade da água nos PM.

Na Figura 10 encontram-se apresentados os valores medidos da largura do Rio nos PM no período de monitoramento, na Figura 11 a profundidade média calculada, na Figura 12 velocidade média calculada e na Figura 13 a vazão média calculada. Ressalta-se que os PM não são equidistantes conforme apresentados nas respectivas figuras.

Figura 10 – Largura do rio nos PM no período de monitoramento.

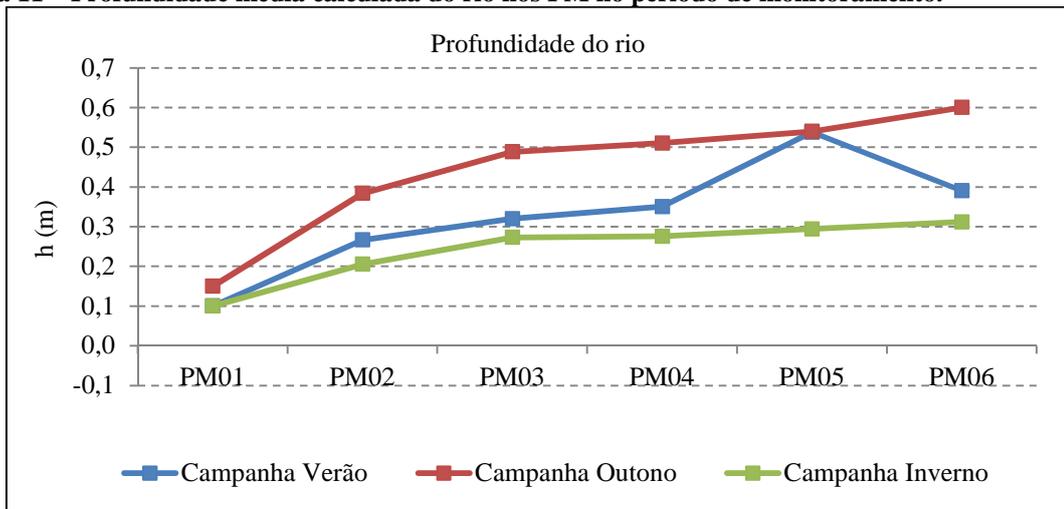


Fonte: Elaborada pelo autor.

No PM01 a profundidade variou entre 0,10 m a 0,15 m, profundidade entre 0,10 m a 0,20 m, inverno e outono, respectivamente. As velocidades médias calculadas foram entre $8 \times 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$ e $2 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-1}$, com vazão entre $1 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a $1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

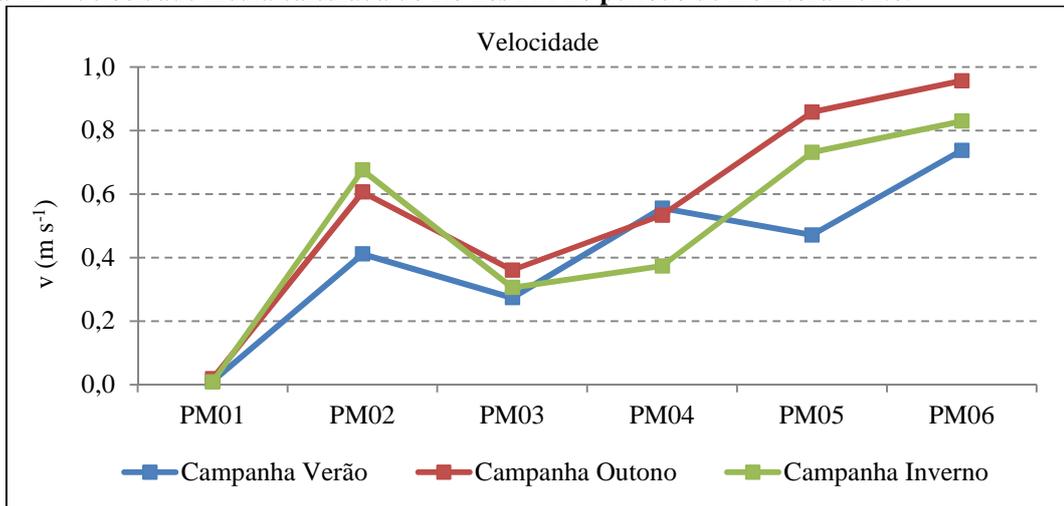
O PM02 localiza-se na área central do município de Pato Branco. Nesse ponto o Rio Ligeiro encontra-se canalizado nas laterais com rachões de basalto e o fundo do canal composto por rochas e rachões. A largura molhada variou entre 4,70 m, campanha de inverno, a 6,44 m, campanha de outono, com profundidade média entre 0,21 m a 0,38 m. A velocidade média oscilou entre $0,41 \text{ ms}^{-1}$, campanha de verão, a $0,68 \text{ ms}^{-1}$, campanha de inverno, enquanto que a vazão foi entre $0,65 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, campanha de inverno, a $1,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, campanha de outono.

Figura 11 – Profundidade média calculada do rio nos PM no período de monitoramento.



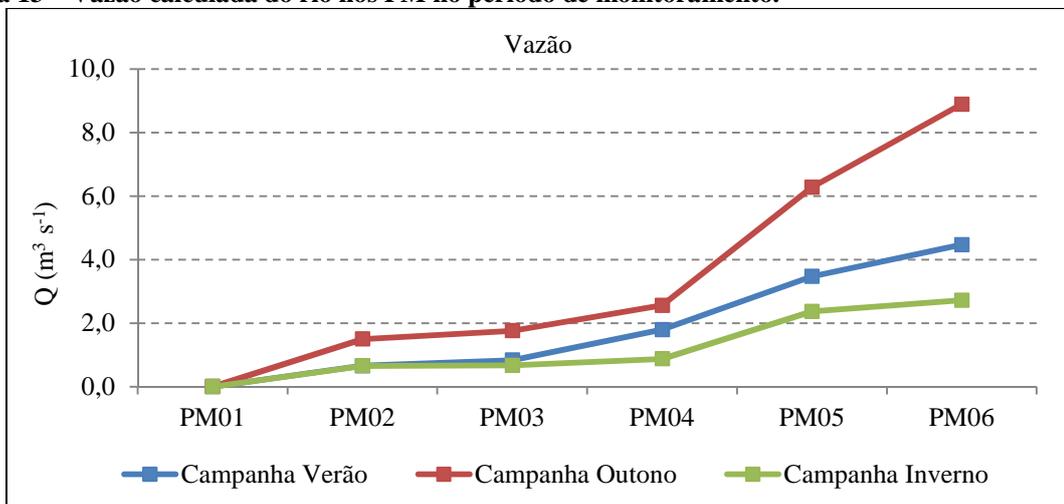
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 12 – Velocidade média calculada do rio nos PM no período de monitoramento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 13 – Vazão calculada do rio nos PM no período de monitoramento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Analisando a Figura 12 e Figura 13, velocidade média e vazão, para o PM 02, verifica-se que na campanha de inverno foi a que apresentou maior velocidade em relação às outras campanhas, enquanto que a vazão calculada foi muito próxima com a campanha de verão. Esse resultado pode estar relacionado com o material que compõem o fundo do canal e com o reduzido número de verticais para o posicionamento do molinete, pois o material de fundo faz com que a água escoe por caminhos preferenciais, aumentando, dessa forma, a velocidade nestes pontos de escoamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Paula (2011), em que a autora verificou que nos PM com o fundo composto por pedras a velocidade apresentou variação na seção transversal, enquanto que nos PM com ausência de pedras o perfil de velocidade apresentou-se de forma linearizada.

Para o PM03, localizado a jusante da área urbana e montante do lançamento pontual da ETE da SANEPAR, os valores de largura variaram entre 8,00 m a 10,00 m, campanha de inverno e outono, respectivamente, com profundidade média entre 0,27 m e 0,49 m. Já a velocidade média variou entre $0,27 \text{ ms}^{-1}$, campanha de verão, a $0,36 \text{ ms}^{-1}$, campanha de outono. A vazão calculada oscilou entre $0,67 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, inverno, a $1,76 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, outono.

No PM03 os valores calculados de velocidade foram inferiores aos demais PM, exceto para o PM01. Diante desse resultado, supõe-se que neste trecho ocorre à deposição de material em função da redução da velocidade e do material que compõe o fundo do canal, sendo de material de menor diâmetro em relação ao PM02. Além disso, no período de menor vazão, campanha de inverno, observou-se a redução na largura do canal, com a presença de material de deposição e resíduos sólidos de origem urbana nas margens.

No PM04, jusante do lançamento pontual da ETE da SANEPAR e de efluentes industriais, a largura do canal variou de 8,40 m, campanha de inverno, a 9,40 m, campanha de outono, com profundidade média entre 0,28 m a 0,51 m. A velocidade média calculada oscilou entre $0,37 \text{ ms}^{-1}$, campanha de inverno, a $0,56 \text{ ms}^{-1}$, campanha de outono. Enquanto que vazão calculada oscilou entre $0,87 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, campanha de inverno, a $2,56 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, campanha de outono.

A mensuração dos dados hidrológicos da campanha de outono e inverno no PM05 foi realizada a, aproximadamente, 10 m a montante da campanha de verão, tendo em vista o elevado nível da água nos dias de coleta, o que impossibilitou a obtenção de tais dados, justificando a discrepância dos valores registrados de largura e profundidade média nas diferentes campanhas. Contudo, os valores de vazão podem ser utilizados para comparação, tendo em vista que não ocorre à entrada de afluentes e tampouco o lançamento de efluentes entre os locais de mensuração. Os valores de velocidade média calculada foram entre 0,47

ms^{-1} , campanha de verão, a $0,86 \text{ ms}^{-1}$, campanha de outono, a menor vazão registrada foi na campanha de inverno com $2,36 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e a maior na campanha de outono com $6,27 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

No PM06 a largura registrada foi entre 10,50 m, campanha de inverno, a 15,5 m, campanha de outono, com profundidade entre 0,31 m a 0,60 m. A velocidade média calculada foi entre $0,74 \text{ ms}^{-1}$, campanha de verão, a $0,96 \text{ ms}^{-1}$, campanha de outono. Já a vazão para a campanha de inverno foi de $2,71 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e para a campanha de outono $8,89 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. O fundo desse PM era composto por rochas e pedras. Neste PM verificou-se que ocorreu uma redução na largura do canal entre o período de menor e maior vazão, essa redução foi observada durante as coletas que ocorreram na margem direita do canal.

Analisando, visualmente, os dados da Figura 10 verifica-se que as larguras do canal nos PM apresentaram variação entre as campanhas de monitoramento, exceto para o PM01 e PM 04 que tiveram uma baixa variação. Em relação à profundidade, Figura 11, observa-se o aumento da profundidade média ao longo do Rio Ligeiro. Na Figura 11 é possível observar, ainda, que na campanha de verão a profundidade média no PM 05 foi muito próxima à campanha de outono, o que justificou a necessidade de alteração do local de coleta dos dados hidrológicos.

A velocidade média calculada apresentou variação entre as campanhas de monitoramento, Figura 12, sendo que para os PM02, PM05 e PM06 a velocidade na campanha de inverno apresentou valores superiores à campanha de verão. Esses resultados podem estar relacionados com o material que compõe o fundo do canal, com perfil de velocidade em pontos preferenciais em função da alteração das condições de escoamento. Na Figura 12 constata-se que a velocidade aumenta ao longo do Rio Ligeiro, exceto para o PM03 que apresentou menores valores em comparação com os demais PM.

Em relação à vazão, a campanha de inverno foi a que apresentou a menor vazão do Rio Ligeiro, Figura 13, enquanto que a campanha de primavera foi a de maior vazão, no entanto, não foi possível obter os dados nesta campanha em função do nível da água e vazão do rio. Diante disso, no estudo de modelagem da qualidade da água, foram considerados os dados da campanha de outono como a de maior vazão.

Analisando a Figura 6, na seção 5, que apresenta o histórico da precipitação mensal total do município de Pato Branco observa-se que o mês de outubro, estação de primavera, corresponde ao mês de maior precipitação enquanto que o mês de agosto, estação de inverno, o de menor precipitação, conseqüentemente vazão máxima e mínima, respectivamente. Portanto, neste estudo, nas campanhas de monitoramento abrangeram essas condições críticas de vazão para análise de qualidade da água e modelagem.

7.2 ANÁLISE DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os resultados e as discussões dos parâmetros de qualidade da água são apresentados a seguir separadamente comparando com os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos de água doce Classe 2.

Para o PM01 foi verificado o atendimento aos padrões de potabilidade para consumo humano estabelecido na Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Os laudos laboratoriais encontram-se no ANEXO A, páginas 104 a 157.

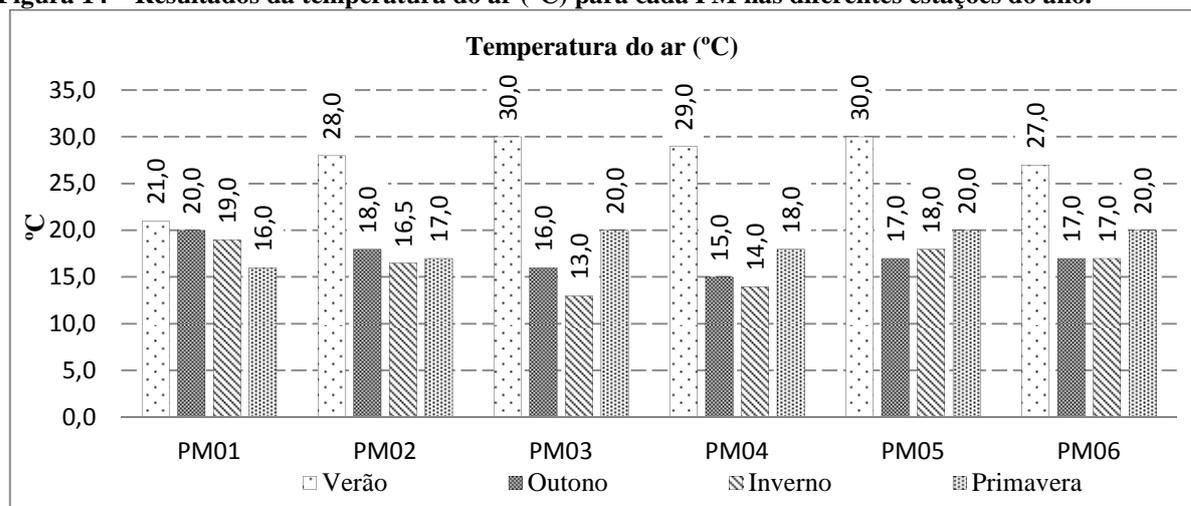
7.2.1 Temperatura do ar e da água

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde e a Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece valores mínimos e máximos de temperatura. Contudo, a temperatura influencia nos parâmetros de qualidade da água, sendo, portanto de grande importância o seu monitoramento.

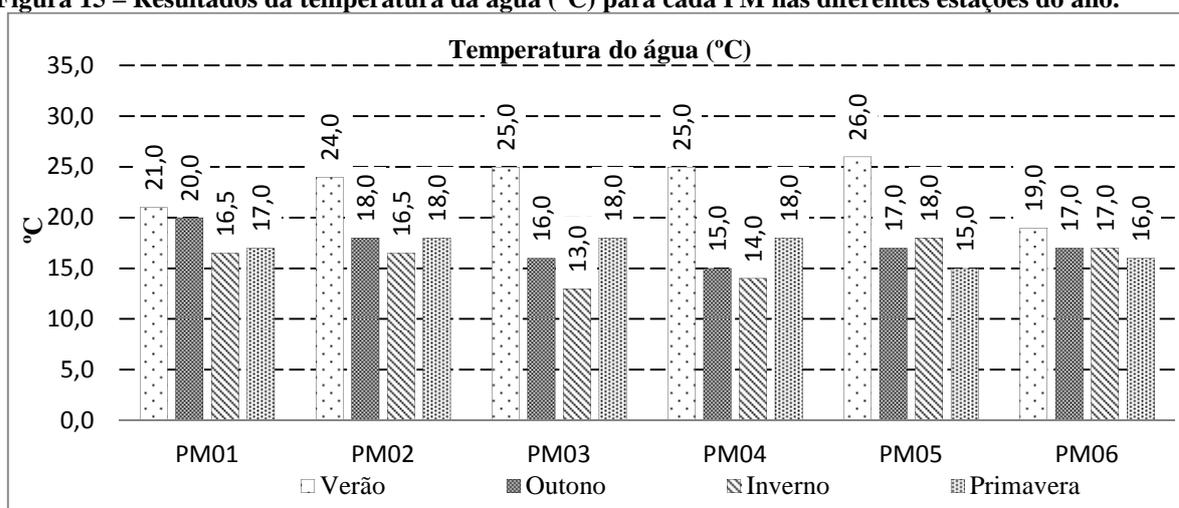
Como era de se esperar, os mínimos valores de temperatura foram registrados na campanha de inverno e os máximos na campanha de verão, sendo que o menor valor foi de 13,0 °C no PM03 para o ar e água e o máximo de 30,0 °C no PM03 e PM05 para o ar e 26,0 °C no PM05 para a água.

Na Figura 14 e Figura 15 são apresentados os valores encontrados de temperatura do ar e da água nos PM nas diferentes campanhas de monitoramento, respectivamente.

Figura 14 – Resultados da temperatura do ar (°C) para cada PM nas diferentes estações do ano.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 15 – Resultados da temperatura da água (°C) para cada PM nas diferentes estações do ano.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Analisando comparativamente as figuras é possível observar que na campanha de verão foi a qual apresentou maiores diferenças entre temperatura do ar e da água, enquanto que nas demais os valores da temperatura da água, de maneira geral, são ligeiramente inferiores ou iguais à temperatura do ar.

A temperatura da água apresentou variações entre os PM na mesma campanha, tal condição está relacionada com os horários de coleta das amostras, tendo em vista que ocorreram também variações de temperatura do ar em função da intensidade da radiação solar. Portanto, pode-se dizer que a variação da temperatura da água ocorre em função do regime climático e que não há indícios de poluição com base neste parâmetro.

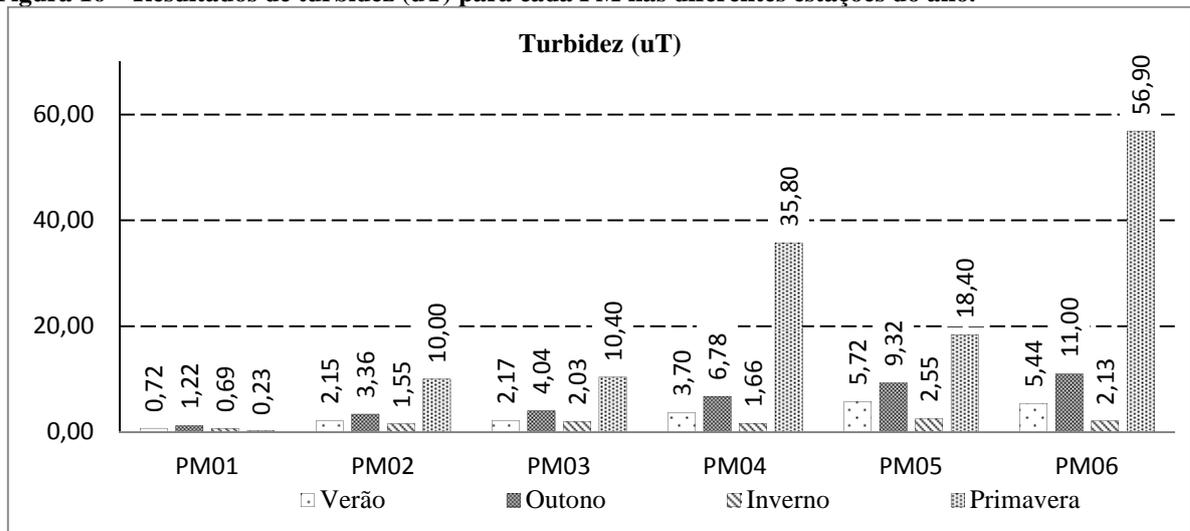
7.2.2 Determinação da turbidez

Na Figura 16 são apresentados os valores encontrados de turbidez para os respectivos PM nas diferentes campanhas de monitoramento.

O PM01 foi o que apresentou os menores valores de turbidez, variando de 0,23 uT na primavera a 1,22 uT no inverno, com média de $0,72 \pm 0,40$ uT. Logo, as condições de uso e ocupação do solo a jusante do PM01 interferem na qualidade da água perante a turbidez, pois constatou-se alterações desse parâmetro ao longo das campanhas de monitoramento.

Nos demais PM, Figura 16, de maneira geral, ocorre à elevação da turbidez à medida que se aproxima da foz, sendo que após o PM03, perímetro urbano, observou o aumento da média de 4,66 uT para 11,99 uT. O aumento da turbidez pode estar relacionado com as condições de alteração do uso e ocupação do solo e erosão das margens do rio, as quais foram observadas durante as coletas das amostras de água.

Figura 16 – Resultados de turbidez (uT) para cada PM nas diferentes estações do ano.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Nas campanhas de elevada vazão, outono e primavera, foram registrados os maiores teores de turbidez, enquanto que na campanha de inverno, menor vazão, foram os menores valores registrados, exceto para o PM01. Barreto et al. (2014) estudaram a relação da vazão com parâmetros de qualidade da água no Rio Catolé Grande, Bahia e identificaram que a turbidez apresentou elevada correlação com a vazão (0,87). Contudo, abaixo dos padrões estabelecidos na legislação ambiental.

Andrietti et al. (2016) destaca que na estação seca os corpos hídricos são abastecidos por meio do escoamento subsuperficial, o que implica na redução de materiais sólidos nos rios, assim como alguns poluentes que ficam aderidos aos sólidos.

Com base nos resultados das campanhas de monitoramento, constatou-se que a elevação da turbidez está relacionada com as condições de precipitação, que transporta substâncias para o corpo hídrico por meio do escoamento superficial.

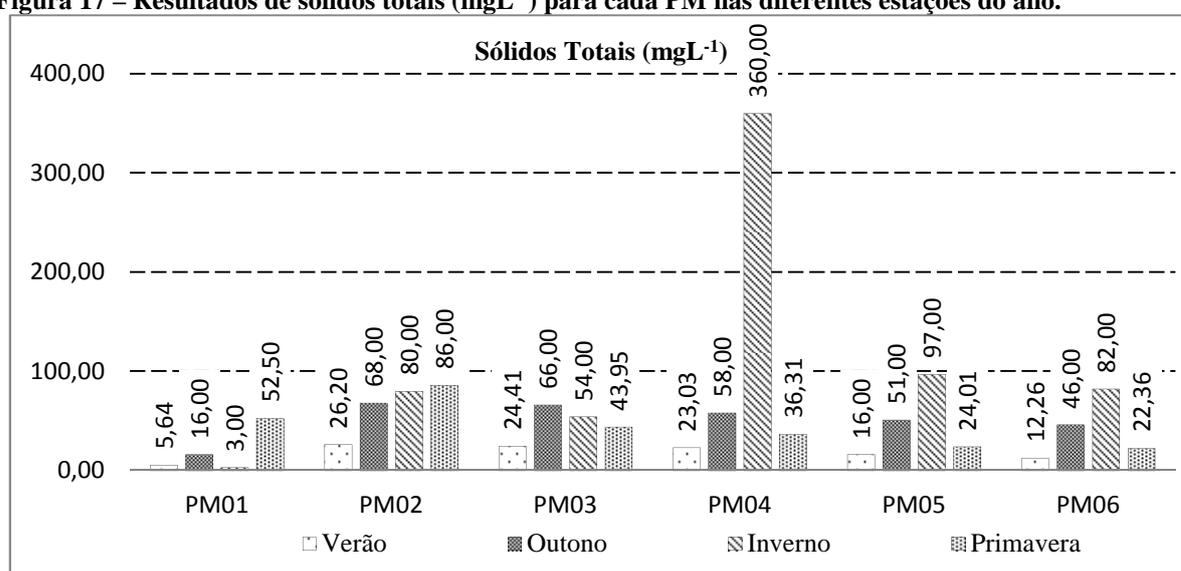
A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece valor máximo permissível de turbidez de 5,00 uT para consumo humano, portanto, em todas as campanhas de monitoramento os valores encontrados no PM01 atenderam a este limite. Já a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece limite de 100 uT para corpos hídricos de água doce Classe 2. Em todos os PM das diferentes campanhas de monitoramento os valores registrados de turbidez mantiveram-se abaixo do limite, sendo que o máximo valor registrado foi no PM06, 56,90 uT, na campanha de primavera.

7.2.3 Determinação dos sólidos totais

Os valores das análises laboratoriais da concentração de sólidos totais dos PM nas diferentes campanhas de monitoramento estão apresentados na Figura 17.

No PM01 os valores oscilaram entre 3,00 mgL⁻¹ no inverno a 52,50 mgL⁻¹ na primavera, com média de 19,29±22,84 mgL⁻¹, o que indica que este parâmetro apresenta correlação com a vazão, pois com o aumento da vazão ocorreu também a elevação da concentração de sólidos totais neste PM.

Figura 17 – Resultados de sólidos totais (mgL⁻¹) para cada PM nas diferentes estações do ano.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Portaria nº 2.914/2011 não apresenta valores limites para esse parâmetro, somente para sólidos dissolvidos totais, valor máximo permissível de 1000 mgL⁻¹. Considerando esse padrão para sólidos totais, os valores encontrados no PM01 estão em conformidade com os padrões de potabilidade.

Para o PM 02 a concentração mínima encontrada foi de 26,20 mgL⁻¹ no verão e máxima de 86,00 mgL⁻¹ na primavera, com média de 65,05±26,96 mgL⁻¹, já no PM03 os valores oscilaram entre 24,41 mgL⁻¹ no verão a 66,00 mgL⁻¹ no outono, com média de 47,09±17,60 mgL⁻¹. Com base nos resultados destes dois PM deduz-se que a área urbana influencia na qualidade da água, tendo em vista que ocorre a elevação da concentração desse parâmetro em relação ao PM01 em todas as campanhas, sendo que os valores registrados no PM02 foram superiores ao PM03. A redução da concentração no PM03 pode estar relacionada com a entrada de afluentes com melhores condições de qualidade ou devido à redução da velocidade neste trecho, que favorece a sedimentação de substâncias sólidas.

No PM04 a concentração variou de $23,03 \text{ mgL}^{-1}$ no verão a $360,00 \text{ mgL}^{-1}$ no inverno, com média de $119,34 \pm 161,09 \text{ mgL}^{-1}$. No PM05 a concentração mínima encontrada foi de $16,00 \text{ mgL}^{-1}$ no verão e $97,00 \text{ mgL}^{-1}$ no inverno, com média de $47,00 \pm 36,54 \text{ mgL}^{-1}$. Já no PM06 os valores oscilaram entre $12,26 \text{ mgL}^{-1}$ no verão a $82,00 \text{ mgL}^{-1}$ no inverno, com média de $40,66 \pm 30,98 \text{ mgL}^{-1}$.

Analisando os valores da concentração de sólidos totais após o PM03, perímetro urbano, dentro das mesmas campanhas de monitoramento, verifica-se que não ocorre elevação desse parâmetro, exceto para a campanha de inverno. Logo, percebe-se que o lançamento de efluentes nas condições de baixa vazão (campanha de inverno) altera as condições de qualidade da água, pois se constatou a elevação da concentração de sólidos totais de $54,00 \text{ mgL}^{-1}$ no PM03 para $390,00 \text{ mgL}^{-1}$ no PM04. No PM05 e PM06 observou-se a redução da concentração desse parâmetro. Cabe destacar que no PM04, na campanha de inverno, foi observada a turvação das águas, presença de espumas e odor forte. Portanto, a turvação das águas e os valores de sólidos totais indicam que tais alterações ocorrem devido ao lançamento de efluentes no corpo hídrico.

Tendo como base os resultados de sólidos totais verifica-se a alteração da qualidade da água a partir do PM01, tendo em vista a elevação da concentração desse parâmetro em todas as campanhas de monitoramento.

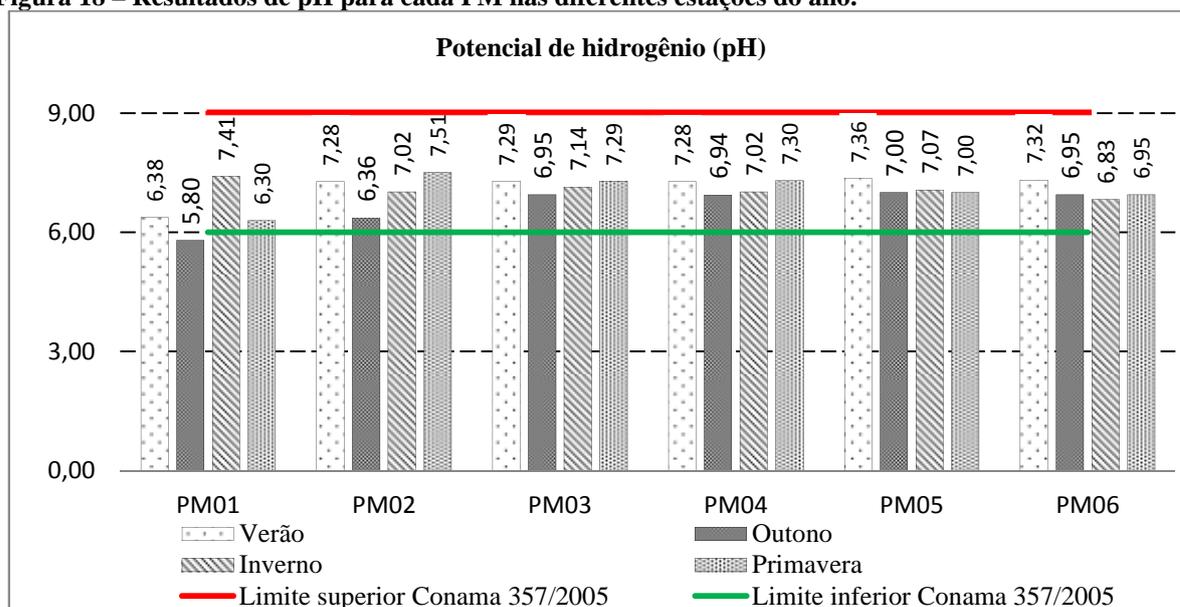
A Resolução do CONAMA nº 357/2005 não estabelece limite para sólidos totais, somente para sólidos dissolvidos totais, sendo 500 mgL^{-1} . Considerando esse limite para sólidos totais, verifica-se que em todos os PM nas diferentes campanhas de monitoramento, atenderam a este padrão de qualidade.

7.2.4 Determinação do potencial de hidrogênio (pH)

O pH indica as condições de caráter ácida, neutra e básica de uma respectiva amostra. Na Figura 18 encontram-se apresentados os valores encontrados de pH para cada PM nas diferentes estações do ano, assim como os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios de água doce Classe 2, entre 6,00 e 9,00.

Os valores de pH apresentaram valores médios em torno de 7,00 para os PM's, exceto para o PM01 que apresentou média de 6,47. No PM01, o menor valor foi de 5,80, outono, enquanto que o maior foi de 7,41, inverno, com média de $6,47 \pm 0,68$. A Portaria nº 2.914/2011 determina que a faixa de pH deve ser entre 6,00 e 9,50. Portanto, no outono os valores de pH foram ligeiramente abaixo do que estabelece as condições desta portaria.

Figura 18 – Resultados de pH para cada PM nas diferentes estações do ano.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o PM02 os valores oscilaram entre 6,36 no outono e 7,51 na primavera, com média de $7,04 \pm 0,50$. No PM03 os valores variaram entre 6,95 no outono e 7,29 no verão e primavera, com média de $7,17 \pm 0,16$ e para o PM04 oscilou de 6,94 no outono a 7,30 na primavera média de $7,14 \pm 0,18$. Portanto, analisando os resultados para esses PM, verifica-se que os mínimos e máximos valores registrados foram para as campanhas de outono e primavera, respectivamente. Tais resultados podem estar relacionados com o uso e ocupação de predominâncias urbanas aliadas às condições de chuvas, pois as coletas foram realizadas posteriores a precipitação.

No PM 05 os valores apresentaram variação entre 7,00, outono e primavera, a 7,36, verão, com média de $7,11 \pm 0,11$, indicando caráter de neutralidade em todas as campanhas de monitoramento. Já o PM06 apresentou valor mínimo de 6,83 no inverno e máximo de 7,32 no verão, com média de $7,01 \pm 0,21$.

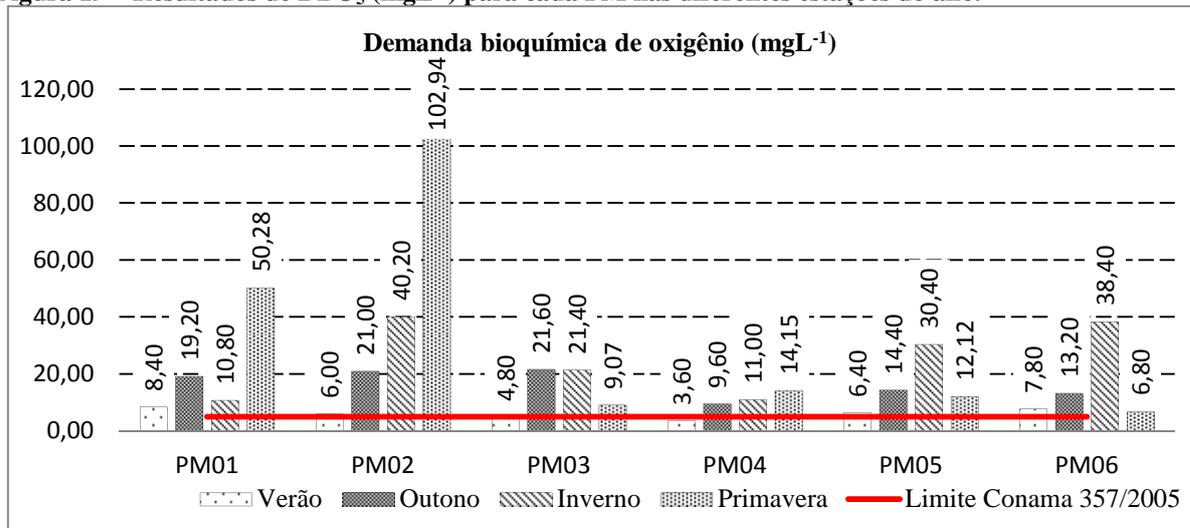
Analisando os valores para a campanha de inverno, campanha que apresentou a menor vazão do curso de água, verifica-se, de maneira geral, que os valores de pH apresentaram pouca variação entre os PM, indicando caráter de neutralidade. Nas demais campanhas ocorreram variações desse parâmetro entre os PM.

Ao comparar os valores encontrados com o que estabelece a Resolução do CONAMA nº 357/2005 para rios de água doce Classe 2, faixa entre 6,00 e 9,00, verifica-se que os valores atendem a esta legislação, exceto os valores encontrados no PM01 da campanha de outono.

7.2.5 Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅)

Os resultados da concentração de DBO₅ encontram-se apresentados na Figura 19, juntamente com o limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005. A análise e discussão detalhada dos valores encontrados de DBO₅ serão realizadas na seção 7.4 modelagem da qualidade da água.

Figura 19 – Resultados de DBO₅ (mgL⁻¹) para cada PM nas diferentes estações do ano.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Portaria nº 2.914/2011 não estabelece valores limites para DBO₅. Já a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece concentração máxima de 5,00 mgL⁻¹ para cursos de água doce Classe 2. Analisando os valores obtidos para esse parâmetro, apenas no PM03 e PM04 da campanha de verão atenderam a esse limite.

No PM01 observa-se que os maiores valores foram encontrados nas campanhas de monitoramento de maior vazão, outono e primavera. Logo, tais condições indicam que ocorre o carreamento de substâncias orgânicas para a nascente alterando a qualidade da água nesses períodos. Medidas de proteção da nascente e a implantação da área de preservação permanente pode alterar esse cenário, melhorando a qualidade da água.

Para o PM02 a maior concentração de DBO₅ também foi detectada na campanha de maior vazão, campanha de primavera, indicando que ocorre o transporte de substâncias orgânicas para o curso de água e que possivelmente existem ligações clandestinas nas tubulações de águas pluviais, pois as coletas da campanha de primavera foram sucessivas a um evento chuvoso e que conseqüentemente ocorreu o transporte de substâncias depositadas nas tubulações pluviais. Outro fator a ser destacado refere-se aos valores encontrados na

campanha de estiagem, campanha de inverno, indicando que ocorre o lançamento de matéria orgânica diretamente nos cursos de água a montante, pois identificou-se a elevação de $10,80 \text{ mgL}^{-1}$ no PM01 para $40,20 \text{ mgL}^{-1}$ no PM02. Portanto na área urbana a alteração da qualidade é de origem pontual e difusa.

No PM03 e PM04, em termos gerais, observa-se a redução da concentração de DBO_5 e conseqüentemente o consumo de OD. Ressalta-se que entre esses PM pode estar ocorrendo à diluição da matéria orgânica, possivelmente, pela descarga de efluentes e/ou de rios com níveis de qualidade superior a do Rio Ligeiro, tendo em vista que na campanha de inverno ocorreu a redução de OD e também a redução de DBO_5 , sendo que a DBO_5 foi a menor registrada em relação aos outros PM nesta campanha. Para o PM05 e PM06 as maiores concentrações DBO_5 foi na campanha de menor vazão, campanha de inverno, indicando que deve estar ocorrendo o despejo pontual de matéria orgânica nos cursos de água a montante ou até mesmo no próprio Rio Ligeiro.

Cabe destacar que na campanha de inverno no PM03 observou a presença de odor com característica de esgoto, no PM04 presença de odor fétido, espumas com aspecto turvo, enquanto que no PM05 observou menor presença de espumas quando comparado com o PM04 e sem presença de odor. Gonçalves et al. (2012) no estudo da qualidade do córrego São Simão diagnosticaram que no trecho após a área urbana o corpo hídrico apresentou maior degradação da qualidade, sendo observada a presença de espumas, óleo e odor forte. Segundo os autores o odor ocorre possivelmente, devido à produção de gás sulfídrico do lodo de fundo.

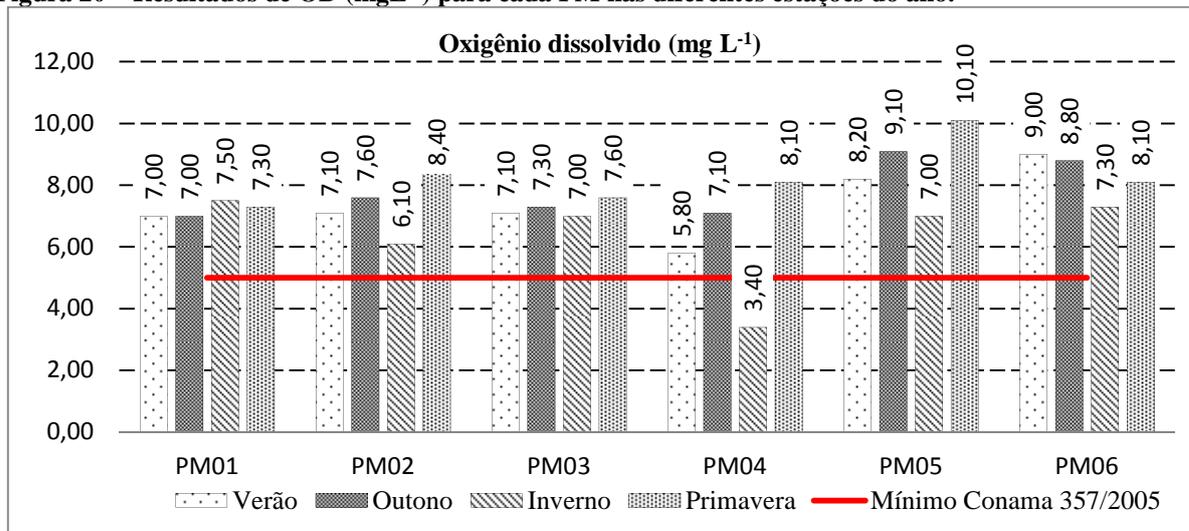
7.2.6 Determinação do oxigênio dissolvido (OD)

Na Figura 20 encontram-se apresentados os valores da concentração de OD nos PM das diferentes campanhas de monitoramento.

A análise detalhada desse parâmetro de qualidade será realizada na seção 7.4 modelagem da qualidade da água. Entretanto, comparando os valores encontrados com o limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005, concentração mínima de $5,00 \text{ mgL}^{-1}$ para corpos hídricos de água doce Classe 2, verifica-se que a maioria atende a esse limite.

Os valores de OD, mesmo o Rio Ligeiro recebendo o lançamento de efluentes domésticos e industrial constante, indicam que o corpo hídrico apresenta elevada capacidade de reaeração, que podem estar associadas às condições hidráulicas que provocam a turbulência natural das águas no canal ou até mesmo pela descarga dos efluentes.

Figura 20 – Resultados de OD (mgL^{-1}) para cada PM nas diferentes estações do ano.



Fonte: Elaborada pelo autor.

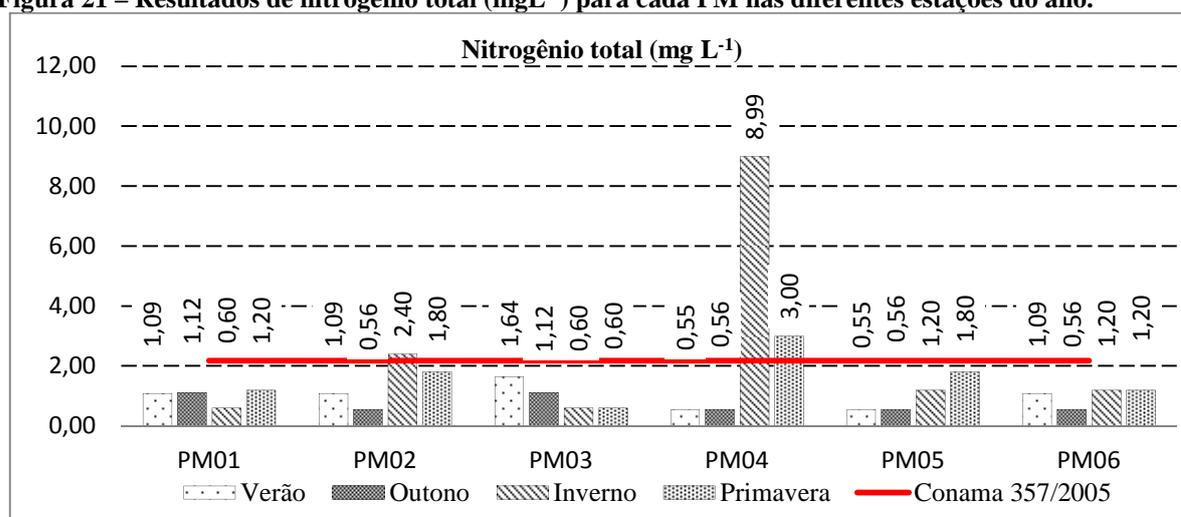
De maneira geral, na campanha de inverno foi a qual apresentou os menores valores de OD, indicando que o potencial de degradação da qualidade da água ocorre nas condições de baixa vazão. Com base nesses resultados, demonstra a importância do monitoramento da qualidade da água considerando as condições de sazonalidade.

Analisando os resultados do PM04, em relação aos PM a montante, observa-se que neste trecho ocorre a depleção de OD em função do lançamento de efluentes. Contudo, os valores nos PM a jusante elevam-se chegando próximos à saturação.

7.2.7 Determinação do nitrogênio total

Os valores de nitrogênio total apresentaram variação de $0,60 \text{ mgL}^{-1}$ no inverno a $1,20 \text{ mgL}^{-1}$ na primavera, com média de $1,00 \pm 0,27 \text{ mgL}^{-1}$ para o PM01. Na campanha de menor vazão foi registrada a concentração mínima, enquanto que nas demais campanhas os valores foram, em termos gerais, muito semelhantes. Diante disso, pode-se afirmar que, neste PM, a alteração da concentração de nitrogênio total esta relacionada com os períodos de chuva. Os valores registrados de nitrogênio total nos PM das diferentes campanhas de monitoramento encontram-se apresentados na Figura 21.

No PM02 a mínima registrada de nitrogênio total foi de $0,56 \text{ mgL}^{-1}$ no outono e máxima de $2,40 \text{ mgL}^{-1}$ no inverno, com média de $1,46 \pm 0,80 \text{ mgL}^{-1}$. Para o PM03 os valores oscilaram entre $0,60 \text{ mgL}^{-1}$, inverno e primavera, a $1,64 \text{ mgL}^{-1}$ no verão, com média de $0,99 \pm 0,50 \text{ mgL}^{-1}$. Já no PM04 as concentrações foram entre $0,55 \text{ mgL}^{-1}$ no verão a $8,99 \text{ mgL}^{-1}$ no inverno, com média de $3,27 \pm 3,98 \text{ mgL}^{-1}$, apresentando variações entre as campanhas.

Figura 21 – Resultados de nitrogênio total (mg L^{-1}) para cada PM nas diferentes estações do ano.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Analisando os valores do PM02 e PM04 observa-se que as maiores concentrações de nitrogênio total foram registradas no período de menor vazão, o que caracteriza o lançamento de despejos com presença de compostos de nitrogênio, pois essa campanha não apresenta influência da precipitação.

No PM05 as concentrações variaram de $0,55 \text{ mg L}^{-1}$ no verão a $1,80 \text{ mg L}^{-1}$ na primavera, com média de $1,03 \pm 0,60 \text{ mg L}^{-1}$, e no PM06 entre $0,56 \text{ mg L}^{-1}$ no outono a $1,20 \text{ mg L}^{-1}$ no inverno e primavera, com média de $1,01 \pm 0,31 \text{ mg L}^{-1}$. Para o PM06, próximo à foz, em termos gerais, os valores foram constantes em todo o período de monitoramento.

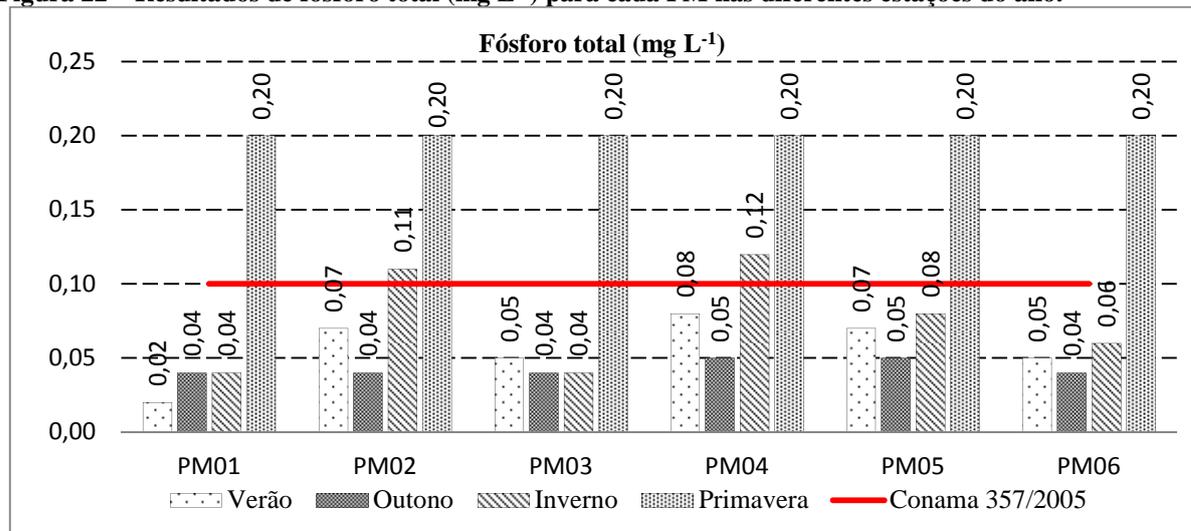
A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde não estabelece valores limites para nitrogênio total. A Resolução CONAMA nº 357/2005 determina, quando o nitrogênio for fator limitante de eutrofização, a concentração máxima de nitrogênio total, após a oxidação, de $2,18 \text{ mg L}^{-1}$ para os ambientes lóticos pertencentes as Classes 1 e 2, na vazão de referência. Considerando esse limite, no PM02 da campanha de inverno e no PM04 da campanha de inverno e primavera não atenderam a esse padrão de qualidade.

7.2.8 Determinação do fósforo total

Na Figura 22 são apresentados os valores encontrados para o parâmetro fósforo total nos respectivos PM nas diferentes campanhas de monitoramento juntamente com o limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005.

No PM01 os valores oscilaram entre $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ no verão a $0,20 \text{ mg L}^{-1}$ na primavera, com média igual a $0,80 \pm 0,08 \text{ mg L}^{-1}$, sendo que na campanha de outono e inverno os valores foram iguais, $0,04 \text{ mg L}^{-1}$.

Figura 22 – Resultados de fósforo total (mg L^{-1}) para cada PM nas diferentes estações do ano.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o PM02 a concentração mínima encontrada foi de $0,04 \text{ mg L}^{-1}$ no outono e máxima de $0,20 \text{ mg L}^{-1}$ na primavera, com média de $0,11 \pm 0,07 \text{ mg L}^{-1}$. No PM03 os valores foram entre $0,04 \text{ mg L}^{-1}$, outono e inverno, a $0,20 \text{ mg L}^{-1}$, primavera, com média igual a $0,08 \pm 0,08 \text{ mg L}^{-1}$.

Nos PM04 e PM05 os valores foram entre $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ no outono e $0,20 \text{ mg L}^{-1}$ na primavera, com média de $0,11 \pm 0,07 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,10 \pm 0,07 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Já no PM06 o valor mínimo foi de $0,04 \text{ mg L}^{-1}$ no outono a $0,20 \text{ mg L}^{-1}$ na primavera, com média de $0,09 \pm 0,08 \text{ mg L}^{-1}$.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece a concentração máxima de $0,10 \text{ mg L}^{-1}$ de fósforo total para ambientes lóticos e tributários intermediários. Comparando os valores com o padrão de qualidade observa-se que na campanha de primavera nenhum dos PM atendeu a esse limite. Esses resultados podem estar relacionados com o escoamento superficial.

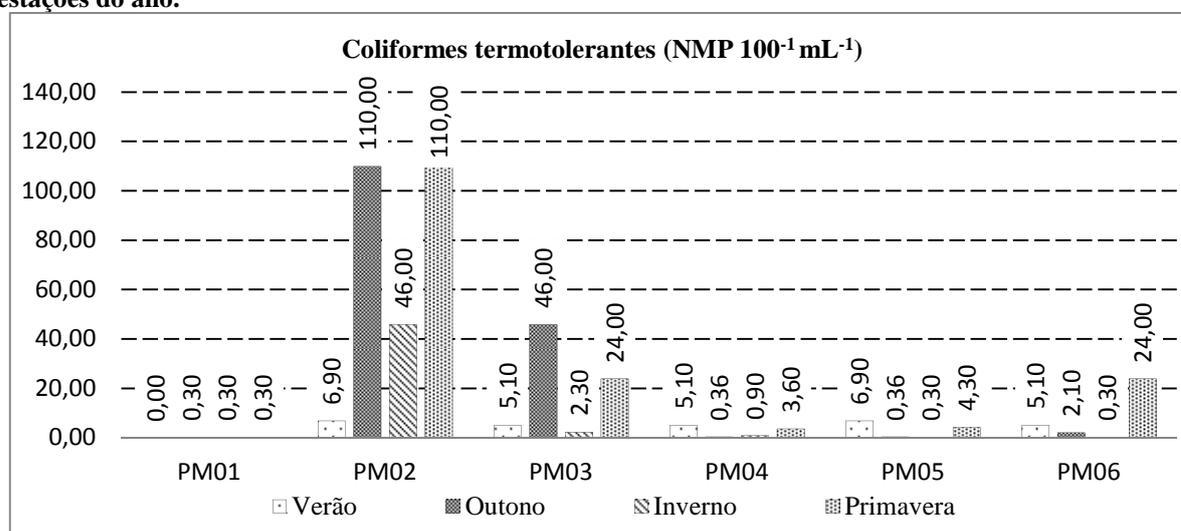
Analisando os valores encontrados na campanha de inverno verifica-se que nos PM03 e PM04 foram os pontos que apresentaram as maiores concentrações de fósforo total, quando comparado com os demais PM, estando acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005. Tais condições também foram encontradas para o nitrogênio total o que indica o despejo de efluentes com características de esgoto doméstico a montante desses pontos, pois essa coleta foi no período de estiagem. Além disso, estes pontos localizam-se na área urbana e após o lançamento de efluentes domésticos e industriais.

7.2.9 Determinação dos coliformes termotolerantes

Os resultados encontrados para coliformes termotolerantes apresentaram bastante variação entre os PM, sendo que no PM01 os valores registrados foram inferiores a $0,3 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$. O valor $0,3 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$ refere-se ao limite de quantificação do método utilizado, sendo, nestes casos, considerado como ausência desse microrganismo.

Na Figura 23 são apresentados os valores encontrados para coliformes termotolerantes para cada PM no período de monitoramento.

Figura 23 – Resultados de coliformes termotolerantes ($\text{NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$) para cada PM nas diferentes estações do ano.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação ao PM02 os valores oscilaram entre $6,90 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$ no verão a $110 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$ no outono e primavera, com média de $68,23 \pm 50,81 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$. Ao comparar os resultados do PM02 com o PM01 nota-se que ocorre a presença de coliformes termotolerantes em todas as campanhas de monitoramento. Logo, pode-se dizer que a qualidade da água apresenta degradação em função da ocupação urbana, sendo que os maiores valores foram encontrados nas campanhas de maior vazão, o que caracteriza o lançamento de efluentes nas tubulações de águas pluviais e/ou o transporte de substâncias ao corpo hídrico oriundos do escoamento superficial.

No PM03 os valores variaram de $2,30 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$ no verão a $46,00 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$ no outono, com média de $19,35 \pm 20,21 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$, sendo possível notar a redução desse parâmetro em relação ao PM02, permanecendo os maiores valores nas campanhas de outono e primavera.

Para o PM04 o valor mínimo foi de $0,36 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$ no outono e máximo de $5,10 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$ no verão, com média de $2,49 \pm 2,24 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$, no PM 05 foi detectados valores entre $0,30 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$ no inverno a $6,90 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$ no verão, com média de $2,97 \pm 3,22 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$. No PM06 os valores foram entre $0,30 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$ no inverno a $24,00 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$ na primavera, com média de $7,88 \pm 10,93 \text{ NMP}100^{-1}\text{mL}^{-1}$.

Analisando os resultados do PM04 e PM05 verifica-se que ocorre a redução em relação ao PM03, e mantendo valores, praticamente, constantes, o que caracteriza a entrada constante de substâncias com presença de coliformes termotolerantes.

Na comparação dos valores detectados no PM06 com os resultados do PM05 é possível identificar que na campanha de verão e inverno os valores não apresentaram alterações. Já na campanha de outono e primavera, campanhas de maior vazão, foram detectadas as maiores concentrações, o que indica o aporte desse parâmetro no curso de água em função do escoamento superficial.

Em síntese, o grau de poluição referente a coliformes termotolerantes ocorre devido à interferência da área urbana, pois nestes trechos foram detectadas as maiores concentrações deste parâmetro.

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece a ausência de coliformes termotolerantes em águas destinadas para consumo humano. Portanto, em todas as campanhas no PM01 foram atendidas a este padrão de qualidade. A Resolução CONAMA nº 357/2005 fixa concentrações máximas de coliformes termotolerantes de $1000 \text{ NMP} 100^{-1}\text{mL}^{-1}$, portanto, em todos os PM no período de monitoramento atenderam a este limite estabelecido na legislação.

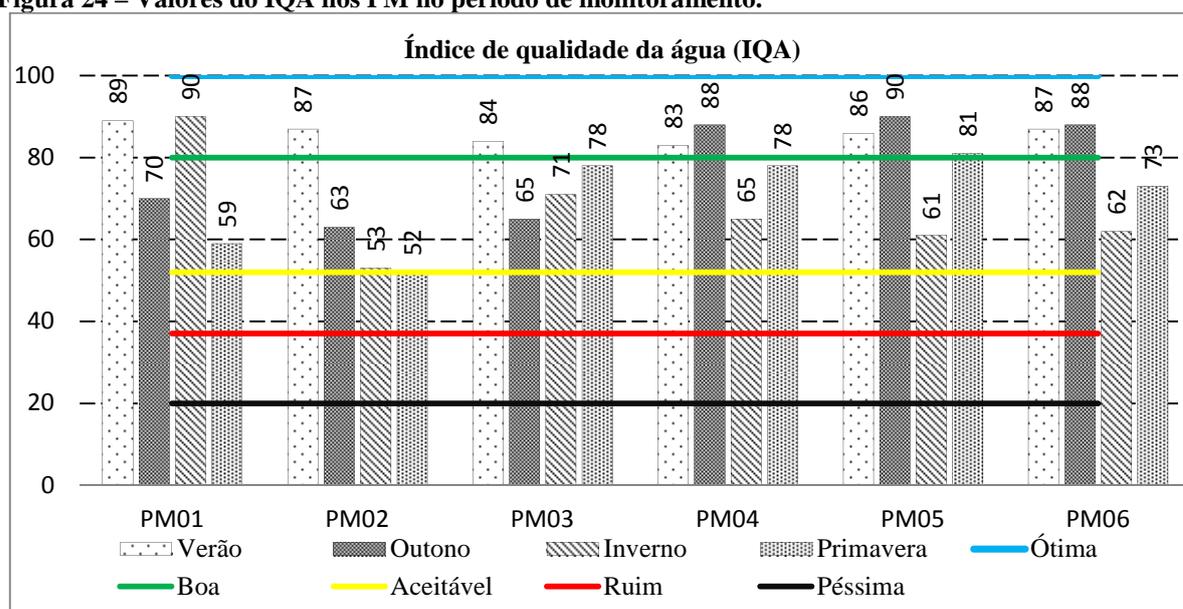
7.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

O IQA retrata através de um único valor a qualidade da água de um ponto de interesse com base em análises de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. De posse do valor do IQA atribui-se um nível de qualidade que varia de péssimo a ótimo, permitindo assim uma comunicação direta ao público em geral da situação da qualidade da água.

A partir dos resultados das análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos foi calculado o IQA para todos os PM nas diferentes campanhas de monitoramento e atribuído o nível de qualidade conforme apresentado na Figura 24.

As linhas horizontais da Figura 24 indicam o limite máximo para cada nível de qualidade.

Figura 24 – Valores do IQA nos PM no período de monitoramento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os valores do IQA variaram entre 52, PM02, a 90, PM01 e PM5.

Na campanha de verão o nível de qualidade foi classificado como ótima em todos os PM, com valores variando entre 83 no PM04 a 89 no PM01. Na campanha de outono no PM01, PM02 e PM03, trechos localizados no perímetro urbano, o nível de qualidade foi classificado como boa, enquanto que no PM04, PM05 e PM06 foram ótimas. O parâmetro que contribuiu negativamente para a classificação boa no PM01 foi o baixo valor de pH e elevada concentração de DBO. Já para o PM02 e PM03 os parâmetros que influenciaram negativamente foram DBO e coliformes termotolerantes.

Na campanha de inverno para o PM01 o nível de qualidade foi enquadrado como ótima, para os demais PM os níveis de qualidade foi boa, sendo que no PM02 foi o trecho que apresentou o menor índice. No PM02 os parâmetros que influenciaram para o baixo valor do índice de qualidade foram coliformes termotolerantes e DBO. Para o PM03, PM05 e PM06 foram devido à elevadas concentrações de DBO e para o PM04 foi devido à baixa concentração de OD e elevadas concentração de DBO, nitrogênio total, fósforo total e sólidos totais. Portanto, o IQA no PM04 refletiu a qualidade da água a partir as fontes de lançamentos de efluentes.

Para a campanha de primavera o nível de qualidade foi boa para todos os PM, exceto para o PM05 que enquadrou-se na classe ótima. Os parâmetros que apresentaram significativa influência para nível de qualidade boa e não ótima foram coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total e turbidez, sendo que a turbidez teve interferência nos PM localizados em área não urbanizada, o que indica que ocorreu a elevação desse parâmetro

devido ao transporte de substâncias oriundas do escoamento superficial, tendo em vista que, conforme discutido anteriormente, a campanha de primavera foi realizada sucessiva a precipitação.

Para o PM01 constata-se uma relação entre o nível de qualidade da água com a sazonalidade, sendo que nas campanhas de maior vazão, outono e primavera, foi detectada nível de qualidade boa, enquanto que, na menor vazão, verão e inverno, os níveis de qualidade foram ótimos. Esses resultados indicam que as condições de uso e ocupação, práticas de manejo e a falta de preservação permanente exerce pressão sobre a qualidade da água, tendo em vista que se trata de uma nascente com predominância agrícola.

Nos PM sobre a influência urbana, PM02 e PM03, foram os que apresentaram menor valor do IQA, tanto no período de vazão mínima, quanto no de vazão máxima.

De maneira geral, nas campanhas de vazões mínimas e máximas, inverno e primavera, foram as que apresentaram menor IQA. Os baixos valores de IQA na vazão mínima estão relacionados com os lançamentos de efluentes e/ou a entrada de tributários com menor qualidade, enquanto que na vazão máxima estão relacionados com as fontes de poluição difusa oriundas do escoamento superficial.

Os níveis de qualidade para todos os PM nas diferentes campanhas de monitoramento enquadraram-se nos níveis boais e ótimas, mesmo o corpo hídrico com pressões antrópicas que indicam degradação do corpo hídrico. Contudo, ao analisar os parâmetros individuais, constatou-se que a DBO, o pH, o OD, o nitrogênio total e o fósforo total não atenderam, em alguns PM, os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos de água doce Classe 2.

7.4 MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA

7.4.1 Captação de água e lançamento de efluentes no Rio Ligeiro

Em consulta ao *site* do Instituto de Águas do Paraná não existem registros de pontos de captação de água no trecho de modelagem da qualidade da água.

Na Tabela 9 são apresentados os empreendimentos que lançam efluentes no Rio Ligeiro, portaria de autorização, localização, vazão máxima de efluente e concentração máxima de DBO₅. A portaria de autorização não determina os valores da concentração de OD, no entanto no presente estudo adotou concentração de OD igual a 0,00 mgL⁻¹.

Tabela 9 – Empreendimentos que realizam lançamento de efluentes no Rio Ligeiro.

Empreendimento	Portaria de autorização	Distância (km) (1)	Coordenadas (UTM 22S)	Vazão máxima de efluente (m^3h^{-1})	DBO ₅ máxima (mgL^{-1})
Sanepar	331/2016	11,20	331.993 / 7.100.947	625,9	90
Confepar Agroindustrial Cooperativa Central	141/2012	17,01	332.071 / 7.104.102	20	50
Visum Sistemas Eletrônicos S/A	1119/2010	18,29	331.410 / 7.104.865	3,75	50
Hi-Mix Eletrônicos S/A	583/2012	18,29	331.410 / 7.104.865	3,75	50

Fonte: Instituto de Águas do Paraná (2017).

Nota: 1 distância em relação ao início da modelagem de qualidade.

7.4.2 Características hidrológicas

Na aplicação do modelo considerou-se o incremento de vazão linear. Contudo, sabe-se que, nas condições reais, a vazão não é linearizada devido à entrada de afluentes em pontos específicos.

De posse dos dados hidrológicos dos PM e vazão dos lançamentos pontuais de efluentes no Rio Ligeiro obteve-se os valores de vazão incremental linear para segmentos de 0,1 km. Os valores de vazão incremental, velocidade média e profundidade média foram mantidos constantes para cada trecho.

Na Tabela 10 encontram-se apresentados os valores das características hidráulicas para cada trecho de modelagem.

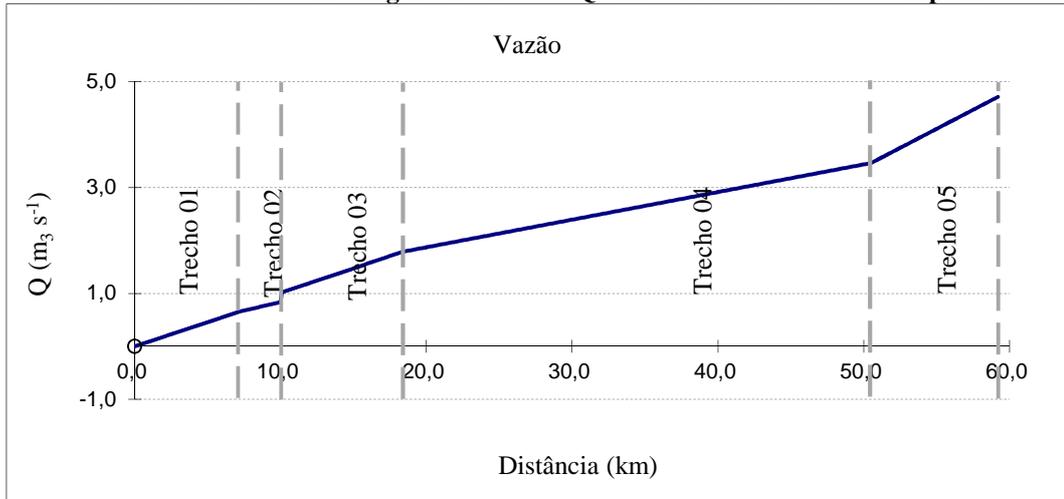
Tabela 10 – Características hidráulicas de cada trecho de modelagem.

Identificação do Trecho	Vazão incremental de 0,1 km ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-1}$)			Velocidade média (m s^{-1})			Profundidade média (m)		
	Verão	Outono	Inverno	verão	Outono	Inverno	verão	Outono	Inverno
Trecho 01	0,00913	0,02079	0,00906	0,41	0,61	0,68	0,27	0,38	0,21
Trecho 02	0,00640	0,00965	0,00054	0,27	0,36	0,31	0,32	0,49	0,27
Trecho 03	0,00915	0,00725	0,00032	0,56	0,53	0,37	0,35	0,51	0,28
Trecho 04	0,00522	0,01156	0,00464	0,47	0,86	0,73	0,54	0,54	0,29
Trecho 05	0,00143	0,03772	0,00505	0,74	0,96	0,83	0,39	0,60	0,31

Fonte: Elaborada pelo autor.

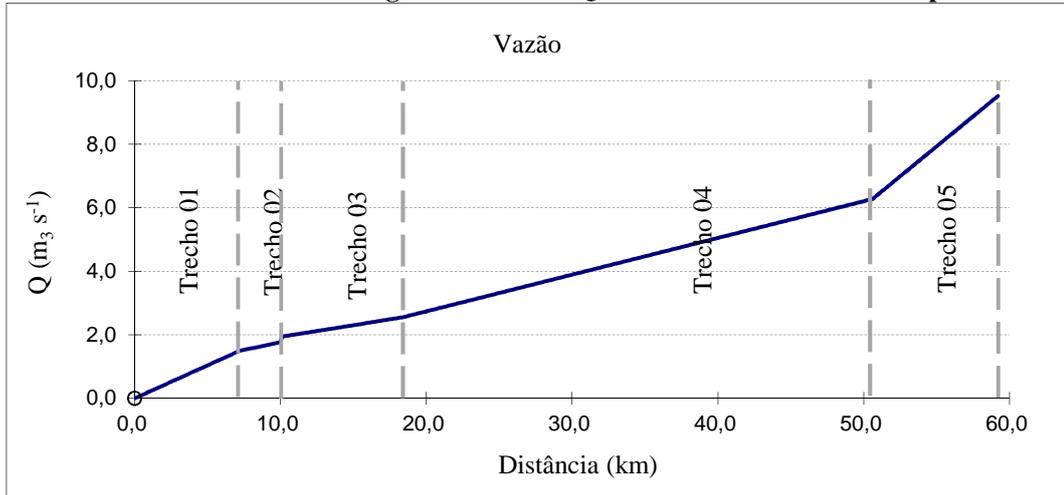
Após a alimentação dos dados hidrológicos e dos lançamentos pontuais de efluentes no modelo QUAL-UFMG obteve-se os valores da vazão ao longo do Rio Ligeiro, sendo apresentados na Figura 25, Figura 26 e Figura 27, referentes à campanha de verão, outono e inverno, respectivamente.

Figura 25 – Vazão x distância do Rio Ligeiro no modelo QUAL-UFGM referente à campanha de verão.



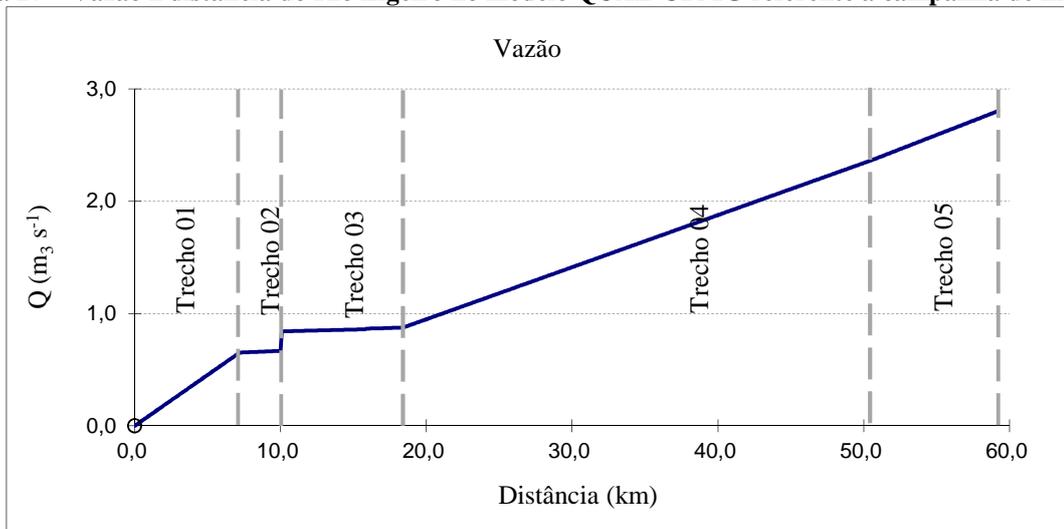
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 26 – Vazão x distância do Rio Ligeiro no modelo QUAL-UFGM referente à campanha de outono.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 27 – Vazão x distância do Rio Ligeiro no modelo QUAL-UFGM referente à campanha de inverno.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Analisando a Figura 25, Figura 26 e Figura 27 observa-se que após o Trecho 02 ocorre um pico de vazão, este pico é devido ao lançamento de efluentes da SANEPAR e das atividades industriais que ocorre neste percurso.

Na Figura 25 e Figura 26, após o Trecho 04, constata-se novamente outro ponto de salto da vazão, tais condições pode estar relacionadas com a contribuição da bacia hidrográfica do Arroio Ligeiro, localizado na margem direita, após o PM05.

Na Figura 27 constata-se o salto da vazão após o Trecho 03, tal elevação está associada à contribuição de afluentes ou até mesmo de pontos de lançamentos de efluentes desconhecidos. Ressalta-se que a distância do Trecho 04 é de 32,14 km, e como ocorre uma diferença significativa entre os locais de obtenção dos dados de vazão, ocorre também o aumento da vazão incremental.

7.4.3 Coeficientes de reaeração (K_2)

O coeficiente de reaeração (K_2) foi calculado de acordo com os valores de velocidade e profundidade considerando o intervalo de utilização da respectiva equação. As profundidades encontradas foram entre 0,10 m a 0,60 m, e velocidades entre $0,01 \text{ ms}^{-1}$ a $0,96 \text{ ms}^{-1}$, portanto, tais valores encontram-se na faixa de limitação estabelecidas na equação de Owens et al. (1964). Na Tabela 11 são apresentados os valores calculados para o coeficiente de reaeração (K_2) corrigidos para as respectivas temperaturas registradas nas campanhas de monitoramento. Tais valores foram mantidos constantes para cada trecho.

Tabela 11 – Coeficiente de reaeração (K_2) calibrados para cada trecho de modelagem.

Identificação do Trecho	Coeficiente de reaeração K_2 (dia^{-1})		
	Verão	Outono	Inverno
Trecho 01	33,66	22,80	67,59
Trecho 02	19,95	9,54	25,09
Trecho 03	28,22	10,95	24,30
Trecho 04	11,25	13,30	36,77
Trecho 05	28,51	12,36	38,94

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os valores do coeficiente de reaeração no Trecho 01 foram superiores aos demais trechos na mesma campanha de modelagem. Esses valores estão relacionados com os baixos valores de profundidade média deste trecho. Além disso, conforme discutido anteriormente, neste trecho o leito é pedregoso o que faz com que crie turbulência das águas e, conseqüentemente, maior capacidade de reposição de oxigênio na massa líquida.

Os coeficientes de reaeração (K_2) calculados para a campanha de inverno foram superiores as outras campanhas, exceto para o Trecho 03 que foi inferior à campanha de verão. Os valores elevados para a campanha de inverno é resultante do aumento da velocidade e redução da profundidade. De acordo com Sperling (2014) cursos de água velozes e rasos tendem a apresentar maiores valores do coeficiente de reaeração (K_2) o que facilita a mistura no perfil transversal devido à turbulência da água na superfície.

Corrêa e Araújo (2015) também encontraram valores elevados do coeficiente de reaeração utilizando a equação de Owens et al. (1964). Segundo os autores esses valores foram elevados em função do material que compõe o canal assim como as características hidráulicas.

7.4.4 Coeficientes de remoção de DBO_5

Os coeficientes de remoção de DBO_5 , coeficiente de desoxigenação (K_1), de sedimentação (K_s) e de decomposição (K_d), foram calibrados através da otimização do coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE) inserido no modelo QUAL-UFMG.

A otimização do coeficiente de NSE foi realizada através da ferramenta *solver* do *Excel*, com o objetivo de maximização da função objetivo, obtendo assim o melhor ajuste entre os dados simulados e os observados. Cabe destacar que os valores dos coeficientes de remoção de DBO_5 foram alterados de acordo com as faixas sugeridas na literatura.

Na Tabela 12 são apresentados os valores obtidos do coeficiente de NSE no processo de calibração para a variável DBO_5 e OD, nas diferentes campanhas.

Tabela 12 – Coeficiente de Nash- Sutcliffe (NSE) para a calibração da modelagem da qualidade da água.

Campanha de Monitoramento	Coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE)	
	DBO	OD
Verão	0,28	0,60
Outono	0,53	0,94
Inverno	0,43	0,88

Fonte: Elaborada pelo autor.

O coeficiente de NSE varia entre – a 1. Valores de NSE iguais a 1 indica o ajuste perfeito, valores de NSE superiores a 0,75 indicam que o desempenho do modelo é adequado e valores de NSE entre 0,36 a 0,75 é considerado aceitável (LOPES et al., 2014).

Analisando os valores do coeficiente de NSE, Tabela 12, para a DBO_5 observa-se que para a campanha de verão o valor encontrado foi inferior a 0,36, enquanto que nas demais campanhas, os valores foram entre 0,36 e 0,75 o que indica um desempenho adequado. Para o

parâmetro OD, na campanha de verão, o coeficiente de NSE foi igual a 0,60 indicando um ajuste aceitável. Nas demais campanhas o desempenho é adequado, pois os valores foram superiores a 0,75.

Na Tabela 13 são apresentados os valores dos coeficientes de remoção de DBO_5 , após a calibração do coeficiente de eficiência de NSE.

O coeficiente de decomposição (K_d) do Trecho 01, Trecho 02 e Trecho 03 das campanhas de verão e inverno foram superiores ao coeficiente de desoxigenação (K_1). Já na campanha de inverno essa condição ocorreu em todos os trechos.

Tabela 13 – Coeficiente de remoção de DBO_5 calibrados para cada trecho de modelagem.

Identificação do Trecho	Valores calibrados dos coeficientes de remoção de DBO_5								
	verão			Outono			Inverno		
	$K_1(\text{dia}^{-1})$	$K_d(\text{dia}^{-1})$	$K_s(\text{dia}^{-1})$	$K_1(\text{dia}^{-1})$	$K_d(\text{dia}^{-1})$	$K_s(\text{dia}^{-1})$	$K_1(\text{dia}^{-1})$	$K_d(\text{dia}^{-1})$	$K_s(\text{dia}^{-1})$
Trecho 01	0,08	0,95	0,05	0,42	0,61	0,16	0,15	3,00	0,35
Trecho 02	0,15	1,27	0,28	0,45	0,78	0,35	0,45	1,89	0,35
Trecho 03	0,14	3,00	0,35	0,45	1,49	0,35	0,11	3,00	0,35
Trecho 04	0,45	0,08	0,05	0,44	0,15	0,90	0,08	0,72	0,05
Trecho 05	0,45	0,08	0,05	0,44	0,36	0,35	0,08	0,76	0,05

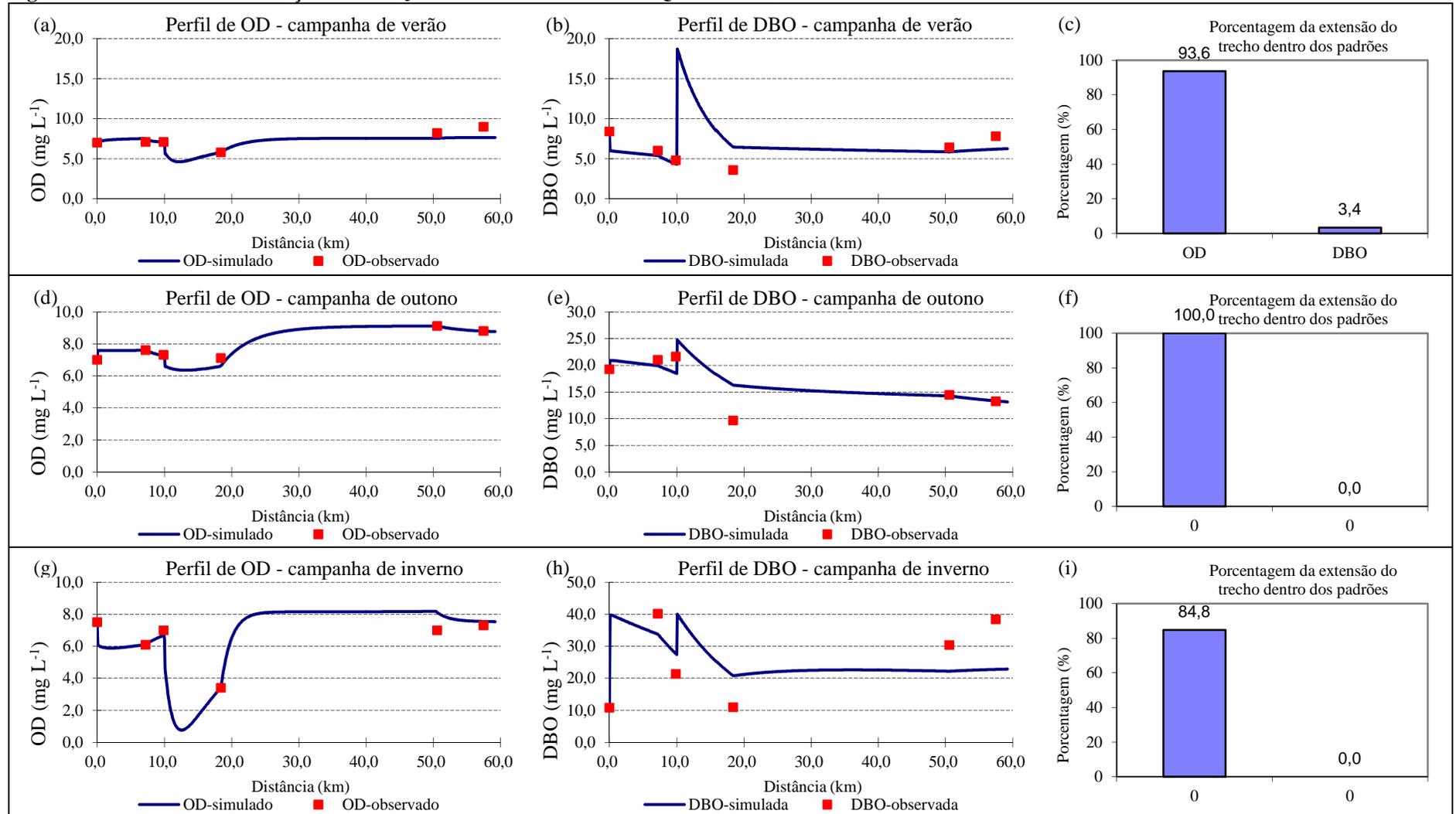
Fonte: Elaborada pelo autor.

Corrêa e Araújo (2015) encontraram valores para o coeficiente de decomposição (K_d) maiores que o coeficiente de desoxigenação (K_1) no Córrego do Limoeiro, atribuíram que tais características são de corpos hídricos com fenômenos de sedimentação, sendo que a remoção da matéria orgânica se dá pelo lodo de fundo. Segundo Sperling (2014) essas condições ocorrem, geralmente, em corpos hídricos mais rasos, tem-se um menor volume de líquido por unidade de área. Já Teodoro et al. (2013) encontraram valores iguais ou muito parecidos para esses coeficientes, sendo que essas condições ocorrem, normalmente, em rios de águas limpas e com profundidades médias. Portanto, deduz-se que o Trecho 04 e Trecho 05, na campanha de verão, referem-se a zonas de águas limpas.

7.4.5 Avaliação da capacidade de autodepuração do Rio Ligeiro

A avaliação da capacidade de autodepuração frente ao lançamento de cargas poluidoras em um corpo hídrico deve ser analisada com muita cautela, pois a análise e interpretação dos resultados equivocadas pode comprometer os usos preponderantes. A capacidade de autodepuração do Rio Ligeiro foi realizada no modelo QUAL-UFMG para o parâmetro OD e DBO_5 , sendo que o perfil os resultados são apresentados na Figura 28.

Figura 28 – Perfis das concentrações de DBO₅ e OD simulados no modelo QUAL-UFGM.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na campanha de verão constata-se que os valores da concentração de OD, Figura 28(a), foram superiores a $7,00 \text{ mgL}^{-1}$ no Trecho 01 e Trecho 02, com valores muito próximos da saturação. Após o lançamento pontual de efluentes da ETE da SANEPAR e das atividades industriais, ocorre a depleção do OD atingindo valor mínimo de $4,62 \text{ mgL}^{-1}$. Contudo, no final desse trecho, os valores foram superiores ao limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005, $5,00 \text{ mgL}^{-1}$, apresentando tendência de elevação até a confluência com o Rio Chopim.

Na campanha de verão, 93,6% do trecho modelado para o OD atendeu ao limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005. O coeficiente NSE calculado foi de 0,60 indicando um ajuste aceitável. Cabe destacar que os valores simulados foram inferiores aos observados e dessa forma tem-se uma margem de segurança na avaliação da capacidade de autodepuração.

Para o parâmetro DBO_5 , campanha de verão apresentado na Figura 28(b), os resultados das análises laboratoriais foram elevados desde a nascente com tendência de decaimento. Na modelagem, os valores simulados foram muito próximos aos observados nos primeiros 10 km, atendendo em parte o limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005, $5,00 \text{ mgL}^{-1}$. Após o lançamento de efluentes a DBO_5 atinge a concentração máxima, $18,70 \text{ mgL}^{-1}$, reduzindo no final desse trecho e mantendo valores praticamente constante até o exutório. Em 3,40% do trecho modelado a DBO_5 atendeu ao limite estabelecido na legislação supracitada. O coeficiente de NSE foi de 0,28, portanto a modelagem da DBO_5 não apresentou ajuste aceitável, havendo discrepância entre os dados simulados e os observados, principalmente após os lançamentos pontuais de efluentes.

Na campanha de outono a concentração de OD, Figura 28(d), foi superior a $5,00 \text{ mgL}^{-1}$ em todo o trecho modelado. Na área urbana, Trecho 02, observa-se o declínio de OD, sendo que no início do Trecho 03, após o lançamento de efluentes observa-se maior depleção do OD, atingindo valor mínimo de $6,36 \text{ mgL}^{-1}$. No Trecho 04 o teor de OD eleva-se atingindo valores em torno de $9,00 \text{ mgL}^{-1}$. No Trecho 05 ocorre novamente a depleção do OD. O coeficiente de NSE foi igual a 0,94, indicando um bom ajuste entre os dados observados e simulados.

Na modelagem da DBO_5 para a campanha de outono os valores simulados foram superiores a $13,20 \text{ mgL}^{-1}$ em toda a extensão, Figura 28(e), não atendendo ao limite estabelecido na legislação vigente, Figura 28(f). No Trecho 03 a DBO_5 apresentou a maior concentração, $24,70 \text{ mgL}^{-1}$, e reduzindo até o fim desse trecho. O coeficiente de NSE nessa campanha foi de 0,53, ajuste aceitável do modelo. Verifica-se que no final Trecho 03 tem-se

um ponto discrepante entre os valores observados e os simulados. Contudo, esse valor observado não atende aos padrões de qualidade, $9,60 \text{ mgL}^{-1}$, que corresponde a menor concentração registrada nessa campanha de monitoramento.

Na campanha de inverno a concentração de OD, Figura 28(g), no início do trecho da modelagem foi igual a $7,50 \text{ mgL}^{-1}$ e reduziu-se até o final do Trecho 01. No Trecho 02 observa-se que ocorreu a elevação da concentração do OD. No Trecho 03 devido ao lançamento pontual de efluentes o teor de OD atinge valor em torno de $0,70 \text{ mgL}^{-1}$ e eleva-se, novamente, a valores próximos de $8,00 \text{ mgL}^{-1}$ no Trecho 04. No Trecho 05 os valores decaem atingindo valores em torno de $7,50 \text{ mgL}^{-1}$. A porcentagem da extensão do trecho que atende a Resolução do CONAMA nº 357/2005 foi de 84,8%, Figura 28(i). O não atendimento ocorre inteiramente no Trecho 03, trecho de lançamento pontual de efluentes. O coeficiente de NSE para o OD foi de 0,89 indicando um bom ajuste dos dados. Ao final do Trecho 04 os valores simulados foram superiores ao observado, no entanto, ambos acima de $6,00 \text{ mgL}^{-1}$.

O perfil de DBO_5 modelado na campanha de inverno, Figura 28(h), apresentou teores acima do limite imposto na Resolução CONAMA nº 357/2005 em todo o percurso modelado, Figura 28(i). No trecho localizado na área urbana, Trecho 01, os valores foram elevados com tendência de declínio ao final do Trecho 02. No Trecho 03 os valores simulados atingiram a máxima concentração, $40,00 \text{ mgL}^{-1}$. Após o Trecho 03 os teores de DBO_5 permaneceram entre $20,00 \text{ mgL}^{-1}$ e $25,00 \text{ mgL}^{-1}$. O coeficiente de NSE calculado foi 0,43, modelo com ajuste aceitável. Contudo, analisando os dados observados e simulados verificou-se que os valores apresentaram discrepância.

Nas campanhas de verão e outono mesmo após o lançamento de efluentes (Trecho 03), de maneira geral, os teores de OD atendem ao que estabelece a Resolução CONAMA nº 357/2005. Portanto, os resultados da modelagem de OD podem ser considerados satisfatórios, pois os valores simulados foram muito próximos das condições reais. Diante desses resultados, infere-se que fotossíntese, respiração algal e nitrificação são variáveis de segunda ordem na modelagem da qualidade da água do Rio Ligeiro.

Em contrapartida para a DBO_5 a modelagem apresentou valores discrepantes com as condições reais. A discrepância entre os dados observados e modelados de DBO_5 podem estar relacionados, principalmente, com a não identificação e mensuração dos pontos de lançamentos de efluentes, clandestinos ou não, assim como dos afluentes do Rio Ligeiro. Contudo, cabe destacar que a DBO_5 apresentou valores medidos e estimados no intervalo entre $3,60 \text{ mgL}^{-1}$ até $40,20 \text{ mgL}^{-1}$, sendo que em quase toda a extensão, em ambas as campanhas, a concentração de DBO_5 apresentou-se acima do limite estabelecido para corpos

hídricos de água doce enquadrados na Classe 2 da Resolução do CONAMA nº 357/2005. Com base na modelagem de DBO₅ o Rio Ligeiro enquadra-se na Classe 4.

Salla et al. (2013) modelaram a DBO e o OD para o Rio Jordão, e chegaram a resultados de ajustes, para DBO, semelhantes a este estudo, sendo que em todo o trecho os valores de DBO foram acima do limite preconizado na legislação ambiental vigente.

Os teores de OD apresentaram depleção em todas as campanhas após o perímetro urbano e os lançamentos pontuais de efluentes. Contudo, em menos de 15 km de percurso os teores de OD chegam a valores superiores aos registrados a montante dos lançamentos de efluentes. Diante desse resultado supõe-se que o Rio Ligeiro apresenta elevada capacidade de reaeração natural, sendo que tais condições estão relacionadas com as condições hidráulicas do Rio Ligeiro, velocidade e profundidade, quedas de água assim como o material que compõem o fundo do canal, pois nas coletas dos dados observou-se que o material de fundo proporciona maior turbulência das águas o que permite maior transferência de oxigênio para a massa líquida.

De maneira geral, a modelagem mostrou que a DBO₅ apresentou valores acima do que estabelece a legislação e nas condições de baixa vazão os teores de OD nos trechos de lançamentos pontuais de efluentes também não atende aos mínimos teores. Contudo, o Rio Ligeiro apresenta elevada capacidade de autodepuração, mesmo nas condições de vazão seca.

Analisando os dados modelados das três campanhas é possível constatar que a vazão apresenta interferência na capacidade de autodepuração, sendo que na campanha de menor vazão (inverno) foi a qual apresentou situações críticas. Enquanto que na campanha de maior vazão (outono) apresentou as melhores condições de qualidade, tendo em vista que a concentração de OD foi superior a 5,00 mgL⁻¹, determinação da Resolução do CONAMA nº 357/2005, em todo o percurso do Rio Ligeiro. Logo, as fontes de poluição difusa oriundas apresentam menor interferência na qualidade da água em relação às fontes pontuais.

Em termos de OD o Rio Ligeiro apresenta capacidade de autodepuração. Já para a DBO₅ o corpo hídrico encontra-se degradado desde a nascente. Portanto, estima-se que a capacidade de autodepuração do Rio Ligeiro está intimamente relacionada com as condições de vazão, pois na campanha de menor vazão foram encontrados baixos níveis de OD.

Com base neste estudo verifica-se a necessidade de medidas de prevenção e controle na bacia hidrográfica do Rio Ligeiro, pois observou-se a alteração da qualidade da água nas diferentes campanhas.

8 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal a aplicação da modelagem de qualidade da água para a avaliação da capacidade de autodepuração do Rio Ligeiro. Aplicou-se também o IQA nos PM nas diferentes campanhas de monitoramento assim como foi realizada a verificação de atendimento aos padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005. O monitoramento da qualidade da água compreendeu as diferentes estações, sendo que as coletas dos dados e amostras foram realizadas considerando os eventos de precipitação de forma a abranger vazões mínimas e máximas.

O IQA nas campanhas de vazão mínima e máxima, campanha de inverno e primavera apresentaram nível de qualidade classificada como boa. Na vazão mínima esses resultados estão relacionados com a elevada carga orgânica, altos teores de DBO_5 , de fontes pontuais sejam de lançamento de efluentes ou da entrada de tributários. No período chuvoso o nível de qualidade é ocasionado pela poluição difusa, escoamento superficial, tendo em vista os elevados valores de turbidez.

Na comparação dos parâmetros individuais com os padrões de qualidade da água para corpos hídricos de Classe 2 da Resolução do CONAMA nº 357/2005 alguns parâmetros não atenderam a legislação supracitada, principalmente a DBO_5 , fazendo com que o corpo hídrico receba o enquadramento de Classe 4, exceto na campanha de verão.

O modelo QUAL-UFGM aplicado mostrou o trecho onde as condições de qualidade apresentaram condições críticas com o declínio de OD e elevação da DBO_5 , trecho localizado na área urbana e nos pontos de lançamentos pontuais de efluentes.

Na campanha de menor vazão (inverno) foi a que o Rio Ligeiro apresenta as piores condições da capacidade de autodepuração, chegando a concentrações de OD próximos de $0,00 \text{ mgL}^{-1}$. Já na campanha de maior vazão, campanha de outono, as concentrações de OD atenderam em toda a sua extensão os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA nº357/2005.

A DBO_5 apresentou valores elevados desde a nascente, apresentando valores dentro dos padrões em apenas 3,40% da extensão total do trecho modelado na campanha de verão.

A concentração de OD, um dos principais parâmetros para a avaliação da degradação de cursos de água, apresentou valores elevados desde a nascente atingindo valores muito próximos da saturação no último PM. Essas condições indicam que este corpo hídrico apresenta elevada capacidade de reaeração devido às condições de velocidade, profundidade e

material de fundo criando turbulência das águas permitindo a entrada de oxigênio para a massa líquida.

O modelo QUAL-UFGM representou-se de maneira adequada à qualidade da água do Rio Ligeiro, sendo que os valores simulados de OD foram próximos aos observados, tais condições não foram às mesmas para a DBO₅. Isso ocorreu devido ao baixo número de PM e a não mensuração de dados e análises laboratoriais das fontes de lançamentos de efluentes e dos tributários do Rio Ligeiro.

Este estudo possibilitou o conhecimento da situação atual da qualidade da água do Rio Ligeiro, indicando que este corpo hídrico sofre pressões das atividades antrópicas desde a nascente e que medidas de prevenção e controle devem ser implantadas.

Por fim, para trabalhos futuros, recomenda-se a implantação de novos pontos de monitoramento e a mensuração de dados e parâmetros das fontes de lançamentos de efluentes, assim como nos afluentes do Rio Ligeiro, com maior frequência de monitoramento. Além disso, a inclusão de outros parâmetros na modelagem da qualidade da água.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9897**:Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –ABNT. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987b.
- ALVES, I. C. C. et al. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **ACTA Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 115-124, 2012.
- ALVES, W. S. et al. Avaliação da qualidade da água e estado trófico do Ribeirão das Abóboras, em Rio Verde - GO, Brasil. **Geociências**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 13-29, 2017.
- ANDRIETTI, G. et al. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 162-175, jan./mar. 2016.
- BAIRD, C.; CANN, M. Química da água e poluição da água. In: GRASSI, M. T. et al. (Trad.) **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.p. 577-682.
- BALENA, R.; BORTOLINI, E.; TOMAZONI, J. C. Caracterização dos tipos de solos do município de Pato Branco através técnicas de geoprocessamento. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 4, n. 1, 2009. Não paginado.
- BARRETO, L. V. et al. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, n. 1, p. 118-129, jan./mar. 2014.
- BATISTA, D. F.; CABRAL, J. B. P. Modelos matemáticos para avaliação do índice de qualidade de água: uma revisão. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 11, n. 25, p. 111-136, jan./abr. 2017.
- BENETTI, A.; BIDONE, F. R. A. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciências e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre, RS: UFRGS – Faculdade de Agronomia, 2009.
- BIGUELINI, C. P. **Qualidade da água e poder de depuração do Rio Marrecas em seu médio e baixo curso**. 2013. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2013.
- BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRANCO, S. M. Como se salva um rio. In: **Poluição: a morte de nossos rios**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A, 1972. p. 115-125.
- BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 357, de 2005, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)nº 430, de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2011a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

BRASIL. Portaria Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 2011, 2011b. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 9 jan. 2018.

BRASIL. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2013.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

CARVALHO, A. P. et al. Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: um estudo de caso no Ribeirão São João em Porto Nacional – TO. **Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 472-484, 2016.

CARVALHO, K. Q. et al. Influence of urban area on the water quality of the Campo River basin, Paraná State, Brazil. **Brasilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 96-106, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.00413suppl>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

CAVALCANTI, J. E. W. A. Amostragem de águas superficiais e efluente. In: _____. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. São Paulo: Engenho, 2009. cap. 3.

CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciências e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre, RS: UFGRS – Faculdade de Agronomia, 2009.

CORRÊA, T. S.; ARAÚJO, R. R. DE. Estudo de autodepuração: o caso do córrego do Limoeiro, Presidente Prudente - SP. **Colloquium Exactarum**, v. 7, n. 3, p. 48-55, jul./set. 2015.

COSTA, D. J. L.; TEIXEIRA, D. Aplicação de modelo de autodepuração para avaliação da qualidade da água do Ribeirão do Ouro, Araruama-SP. **Uniará**, v. 13, n. 1, p. 49-62, jul. 2010.

CUNHA, D. G. F. et al. Resolução Conama 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005–2009). **Engenharia Sanitaria Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 159–168, abr./jun. 2013.

DANELUZ, D.; TESSARO, D. Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. **Food Safety/Scientific Communication**, São Paulo, v. 82, p. 1–5, 2015.

DERISIO, J. C. Recurso água. In: _____. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 3. ed. São Paulo: Signus, 2007, cap. 2.

FLECK, L.; TAVARES, M. H. F.; EYNG, E. Principais modelos matemáticos de qualidade da água e suas aplicações: uma revisão. **Revista Eletrônica e Científica Inovação e Tecnologia**, Medianeira, v. 1, n. 7, p. 47-62, 2013. Disponível em: <<https://revistas.utfpr.edu.br/recit/article/view/166/pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

GONÇALVES, D. R. P.; ROCHA, C. H. Indicadores de qualidade da água e padrões de uso da terra em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1172-1183, set. 2016.

GONÇALVES, J. C. S. I. et al. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água e simulação de autodepuração na bacia hidrográfica do córrego São Simão, SP. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 141-154, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambiente-agua.894>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

HEINZ, O. L. et al. Avaliação do índice de qualidade da água na microbacia do Rio Ligeiro - Pato Branco sob a ocupação urbana. SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA EM QUÍMICA; SEMANA ACADÊMICA DE QUÍMICA, 3.; 14., 2016, Pato Branco. **Anais eletrônicos...**Pato Branco: SIMTEQ, 2016. Disponível em: <<http://anais.trendcongresso.com.br/simteq2016/papers/>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

IBGE. **Cidades**, 2017. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/4118501>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

INSTITUTO AGROCLIMÁTICO DO PARANÁ. **Médias históricas**, 2017. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Pato_Branco.htm> Acesso em: 18 fev. 2018.

JABUR, A. S. **Alterações hidrológicas decorrentes de mudança do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto do rio Ligeiro, Pato Branco - PR**. 2010. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

JABUR, A. S.; RIZZI, N. E. Estimativas da vazão máxima e capacidade de saturação hídrica da bacia hidrográfica do alto do Rio Ligeiro em Pato Branco, PR. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 833-846, out./dez. 2011.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; MENEGHINI, P. Influência do deslizamento em turbidez e sólidos totais na água do rio: estudo de caso da bacia do Rio Cubatão do Norte, Santa Catarina. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande, MS. **Anais...**Campo Grande, MS: ABRH, 2009. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Mota_etal_corrigido.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2018.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento da água**. 3. ed. rev. e ampl. Campinas: Atómo, 2010.

LOPES, F. B. et al. Modelagem da qualidade das águas a partir de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 18, p. 13-19, 2014. Suplemento.

MACÊDO, J. A. B. DE. Poluição hídrica. In: _____. **Introdução à química ambiental**. 2. ed.rev. e atual. Juiz de Fora: CRQ-MG, 2006, cap. 3.

MACHADO, W. C. P. **Indicadores da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Pato Branco**. 2006. 341 f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) - Setor Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MARÇAL, D. A.; SILVA, C. E. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI). **Engenharia Sanitaria Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 761-772, jul./ago. 2017.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento limnológico : um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 67-79, jan./jun. 2008.

MATEUS, M. V. et al. Análise de incerteza e modelagem de qualidade da água do Rio Uberaba, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 37, p. 1–15, set. 2015.

MEDEIROS, S. R. M. et al. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 11, n. 3, p. 711–730, jul./set. 2016.

MORUZZI, R. B. et al. Avaliação de cargas difusas e simulação de autodepuração no Córrego da Água Branca, Itirapina (SP). **Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 447–458, 2012.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NAGALLI, A.; NEMES, P. D. Estudo da qualidade da água de corpo receptor de efluentes líquidos industriais e domésticos. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias Ambientais**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 131-144, abr/jun. 2009.

OLIVEIRA, P. C. R.; NOGUEIRA, M. G.; SARTORI, L. P. Differential environmental impacts on small and medium size rivers from center of São Paulo State, Brazil, and regional management perspectives. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 4, p. 404-419, 2014.

OLIVEIRA, H. et al. Caracterização físico-química da carga dissolvida dos rios Jundiá e Capivari, São Paulo. **Geochimica Brasiliensis**, v. 28, n. 1, p. 23-35, 2014a.

OLIVEIRA, M. D. DE et al. Nova abordagem do Índice de Qualidade de Água bruta utilizando a Lógica Fuzzy. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 19, n.4, p. 361-372, out./dez. 2014b.

OLIVEIRA FILHO, A. A.; LIMA NETO, I. E. Modelagem da qualidade da água do rio Poti em Teresina (PI). **Engenharia Sanitária Ambiental**, p. 1–12, 2017.

PARANÁ. **Portaria Surehma nº 020, de 1992**. Curitiba, 1992. Disponível em: <http://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?Codigo=1678> Acesso em: 18 fev. 2018.

PARANÁ. **Resolução Sema nº 39, de 2004**. Curitiba, 2004. Disponível em: <http://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/atos2/exibir_ato.asp?codAto=994>. Acesso em: 8 nov. 2017.

PARANÁ. **Portaria n. 006/2011, de 2011**. Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=10>>. Acesso em: 8 fev. 2018.

PARANÁ. **Decreto 9957, de 2014**. Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=113097&codItemAto=719410>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

PARANÁ. **Outorgas de lançamentos de efluentes**, 2017. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=79>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

PARANA, Instituto das águas do Paraná. **Estações de monitoramento**. Curitiba, 2017. Disponível em: <http://www.geoem.pr.gov.br/geoem/pages/templates/initial_public.jsf?windowId=557>. Acesso em: 18 fev. 2018.

PASQUALOTO, M. C. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água e no processo erosivo da bacia de captação do rio Barro Preto, Coronel Vivida (PR)**. 2016, 212 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

PAULA, L. M. DE. **Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Rio Jordão, Araguari (MG)**. 2011, 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

PIERONI, J. P. et al. Monitoramento sazonal da qualidade da água, na sub bacia hidrográfica do Córrego Água limpa, em seu trecho afetado pela mineração de níquel, no município de Pratápolis, Minas Gerais. **Geociências**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 402-410, 2015.

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

RICCIARDONE, P.; PEREIRA, O. S.; PEREIRA, C. S. S. Avaliação da Capacidade de Autodepuração do Rio das Mortes no Município de Vassouras / RJ. **Revista Eletrônica TECCEN**, Vassouras, v. 4, n. 3, p. 63-76, set./dez. 2011.

RODRIGUES, D. B. B. et al. Análise da qualidade da água de Rio Anhanduí - MS utilizando o modelo QUAL-UFGM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: ABRH, 2009. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=110&SUMARIO=2353&ST=analise_da_qualidade_da_agua_de_rio_anhandui_ms_utilizando_o_modelo_qual_ufmg>. Acesso em: 18 fev. 2018.

RODRIGUES, M. C.; TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. Qualidade da água da bacia do

rio Capivara, manancial de abastecimento do município de São João-PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 1, p. 81-92, 2015.

SALLA, M. R. et al. Estudo da autodepuração do Rio Jordão, localizado na bacia hidrográfica do Rio Dourados. **Engenharia Sanitaria Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 105-114, abr./jun. 2013.

SANTOS, R. C. L. et al. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Engenharia Sanitaria Ambiental**, p. 1–14, 2016.

SANTOS, I. et al. Medição de vazão líquida. In: _____. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. cap. 3.

SCHNEIDER, M. R. et al. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 295–303, 2011.

SCHWARZ, W. **Estudo da expansão urbana como subsidio a análise ambiental aplicado a cidade de Pato Branco – PR**. 2001, 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SILVÉRIO, G. S. et al. As condições ambientais da microbacia do Rio Passo da Pedra. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, p. 1029–1042, 2011.

SPERLING, M. **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias**. 2. ed. Belo Horizonte, MG: UFMG, 1996.

SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2. ed. Belo Horizonte, MG: UFMG, 2014.

SUNDARAY, S. K. et al. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of the Mahanadi river – estuarine system (India) – a case study. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 28, p. 317-330, 2006.

TABALIPA, N. L.; FIORI, A. P. Influência da vegetação na estabilidade de taludes na bacia do Rio Ligeiro (PR).. **Geociências**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 387-399, 2008a.

TABALIPA, N. L.; FIORI, A. P. Influência do vento na estabilidade dos taludes da bacia do rio ligeiro, município de Pato Branco (PR). **Caminhos da Geografia**, v. 9, n. 27, p. 82-98, set. 2008b.

TABALIPA, N. L.; FIORI, A. P. Caracterização dos solos da bacia do Rio Ligeiro (PR) na estabilidade de taludes. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 11–26, 2012.

TEODORO, A. et al. Implementação do conceito capacidade de diluição de efluentes no modelo de qualidade da água QUAL-UFMG: estudo de caso no Rio Taquarizinho (MS). **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 275–288, jul./set. 2013.

TOMAZONI, J. C. **Banco de dados geográficos do município de Pato Branco**, 2009.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. Características espectrais das frações húmica e ácido

húmico da matéria orgânica total dos solos da bacia do rio Passo da Pedra. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 721–735, 2015.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. 2. ed. Porto Alegre: Editora UFGRS, 2005.

Editora UFMG. **Planilha de cálculo**, 2017. Disponível em:

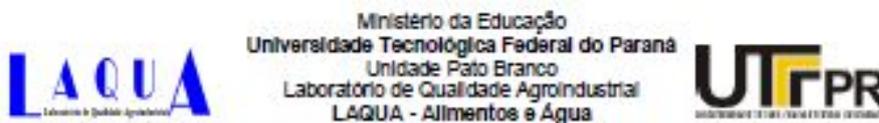
<<https://www.editoraufmg.com.br/pages/obra/514/estudos-e-modelagem-da-qualidade-da-agua-de-rios>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

VARGAS, E. H.; MARQUES, F. S. Análise da autodepuração do curso d' água Pomba Cuê utilizando o modelo Streeter Phelps. **Pleiade**, v. 9, n. 17, p. 83-92, jan./jun. 2015.

WATTHIER, E. K. et al. Caracterização e avaliação do índice de qualidade da água da jusante do rio Ligeiro - Pato Branco - PR. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 3, n. 4, 2008.

ZOPPAS, F. M.; BERNARDES, A. M.; MENEGUZZI, Á. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Engenharia Sanitaria Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 29–42, jan./mar. 2016.

ANEXO A – LAUDOS DAS ANÁLISES FÍSICO, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIGEIRO.



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA Nº. E3/2017

Solicitante: Escolas da Luz
 Coletor da Amostra: Escolas da Luz
 Produto: Água do Rio Ligeiro
 Identificação da amostra: PM – 01
 Data da coleta: 21/02/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco – PR
 Nº. de registro: E3/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS – QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	6,38
Oxigênio Dissolvido	7,0 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio – DQO	11,164 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO ₅ dia	8,398 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,094 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	5,64 mg L ⁻¹
Turbidez	0,72 uT

(1) uT – Unidade de Turbidez

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco – PR, 14 de março de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ – 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/09/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 – Pato Branco – PR CEP: 85.501-870
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-ptb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

746 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiaí - São Roque - CEP. 85507060 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 01
 Data de Entrada: 22/02/2017 16:22
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: 21
 Temp. no Recb.: 3,9 °C
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

Data e Hora da Coleta: 21/02/2017 08:10
 Data de Validade: NA
 N° do Lote: NA
 N° do Lacre: N°
 Quantidade de Amostra: 300 ml/ltro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INICIO	DT. FIM	REFERENCIA	RESULTADO	LM.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo Total	22/02/17 17:10	22/02/17	-x-	0,02		mg/L	SMWW

Legenda: -x- : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada. UFC: Unidade formadora de colônia ; N(°): Não informado ; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 23 de Fevereiro de 2017


 Aracely Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRBio 05427/070

LAUDO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA Nº. 23/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água de Rio
 Identificação da amostra: PM - 01
 Data da coleta: 21/02/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: 23/2017

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultado: (NMP*/100mL)
Coliformes totais a 35°C	Ausência
Coliformes a 45°C (<i>E.coli</i>)	Ausência

*Número Mais Provável

INTERPRETAÇÃO

Segundo a Resolução do CONAMA 357, 17 de março de 2005.

As águas doces de classe I observarão as seguintes condições e padrões.

- Coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA n.º 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Pato Branco - PR, 14 de março de 2017.



Prof. Msc. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-670
 FONE: (48)3220-2557 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA N°. E4/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligeiro
 Identificação da amostra: PM - 02
 Data da coleta: 21/02/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N°. de registro: E4/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,28
Oxigênio Dissolvido	7,1 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	8,062 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5, dia}	5,999 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,094 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	26,20 mg L ⁻¹
Turbidez	2,15 uT

(1) uT - Unidade de Turbidez

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 14 de março de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-670
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

747 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.800.009-24
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque - CEP.: 85507000 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 02
 Data de Entrada: 22/02/2017 16:25 Data e Hora da Coleta: 21/02/2017 10:00
 Data de Fabricação: NA Data da Validade: NA
 Embalagem: frasco plástico Nº do Lote: NA
 Temp. de Coleta: 24 Nº do Lacre: NI*
 Temp. no Receb.: 3,9 °C Quantidade de Amostra: 300 mililitro
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INICIO	DT. FIM	REFERENCIA	RESULTADO	LM.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo Total	22/02/17 17:10	22/02/17	-/-	0,07		mg/L	SMWW

Legenda: -/- : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada. UFC: Unidade formadora de colônia; NI(*): Não informado; LM :Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 23 de Fevereiro de 2017


 Arzandee Aparecida de Lara
 Responsável Técnica
 CRBio 09427/070

LAUDO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA Nº. 24/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água de Rio
 Identificação da amostra: PM - 02
 Data da coleta: 21/02/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 Nº. de registro: 24/2017

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP*/100mL)
Coliformes totais a 35°C	6,9
Coliformes a 45°C (<i>E.coli</i>)	6,9

*Número Mais Provável

INTERPRETAÇÃO

Segundo a Resolução do CONAMA 357, 17 de março de 2005.

As águas doces de classe I observarão as seguintes condições e padrões.

- Coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº. 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Pato Branco - PR, 14 de março de 2017.



Prof. Msc. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA N.º E5/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligairo
 Identificação da amostra: PM - 03
 Data da coleta: 21/02/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: E5/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,29
Oxigênio Dissolvido	7,1 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	4,939 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio -DBO ₅ , dia	4,799 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,641 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	24,41 mg L ⁻¹
Turbidez	2,17 uT

(1) uT - Unidade de Turbidez

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 14 de março de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-870
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

748 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque - CEP. 85507060 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 03
 Data de Entrada: 22/02/2017 16:28
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: 25
 Temp. no Recb.: 3,9 °C
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

Data e Hora da Coleta: 21/02/2017 11:55
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: N°
 Quantidade de Amostra: 300 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INICIO	DT. FIM	REFERENCIA	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo Total	22/02/17 17:10	22/02/17	-x-	0,05		mg/L	SMWW

Legenda: -x- : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada; UFC: Unidade formadora de colônia; NI(*): Não informado; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 23 de Fevereiro de 2017


 Aracely Gomes de Lara
 Responsável Técnica
 CREO 68427/07D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA Nº. 25/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água de Rio
 Identificação da amostra: PM - 03
 Data da coleta: 21/02/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 Nº. de registro: 25/2017

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP*/100mL)
Coliformes totais a 35°C	6,9
Coliformes a 45°C (<i>E.coli</i>)	5,1

*Número Mais Provável

INTERPRETAÇÃO

Segundo a Resolução do CONAMA 357, 17 de março de 2005.

As águas doces de classe I observam as seguintes condições e padrões.

- Coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº. 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Pato Branco - PR, 14 de março de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/08/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA N.º E6/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligeiro
 Identificação da amostra: PM - 04
 Data da coleta: 21/02/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: E6/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,28
Oxigênio Dissolvido	5,8 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	54,599 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5, dia}	3,601 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	0,547 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	23,03 mg L ⁻¹
Turbidez	3,70 uT

(1) uT - Unidade de Turbidez

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 14 de março de 2017.

Prof. Msc. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Registro
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-870
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

749 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiaí - São Roque - CEP. 85507060 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 04
 Data de Entrada: 22/02/2017 16:30
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: 25
 Temp. no Receb.: 3,9 °C
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

Data e Hora da Coleta: 21/02/2017 13:47
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: Nº
 Quantidade de Amostra: 300 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT./HR INICIO	DT. FIM	REFERENCIA	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fóforo Total	22/02/17 17:10	22/02/17	-x-	0,06		mg/L	SMWW

Legenda: -x-: Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada; UFC: Unidade formadora de colônia; NI(*): Não informado; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 23 de Fevereiro de 2017


 Arizandil Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRBis 68427/07D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA N°. 26/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água de Rio
 Identificação da amostra: PM - 04
 Data da coleta: 21/02/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR.
 N°. de registro: 26/2017

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros:	Resultados (NMP*/100mL)
Coliformes totais a 35°C	6,9
Coliformes a 45°C (<i>E.coli</i>)	5,1

*Número Mais Provável

INTERPRETAÇÃO

Segundo a Resolução do CONAMA 357, 17 de março de 2005.

As águas doces de classe I observarão as seguintes condições e padrões.

- Coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA n°. 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Pato Branco - PR, 14 de março de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Regido
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA N°. E7/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligeiro
 Identificação da amostra: PM - 05
 Data da coleta: 21/02/17
 Data de recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N°. de registro: E7/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,36
Oxigênio Dissolvido	8,2 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	8,062 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio -DBO _{5, dia}	6,400 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	0,547 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	16,00 mg L ⁻¹
Turbidez	5,72 uT

(1) uT - Unidade de Turbidez

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 14 de março de 2017.

Prof. Msc. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Ragião
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

750 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.800.009-24
 Endereço: Rua Jundiaí - São Roque - CEP .85507060 - Palo Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 05
 Data de Entrada: 22/02/2017 16:32
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: 26
 Temp. no Receb.: 3,9 °C
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

Data e Hora da Coleta: 21/02/2017 16:55
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: N°
 Quantidade de Amostra: 300 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT.HR INICIO	DT. FIM	REFERENCIA	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fóforo Total	22/02/17 17:10	22/02/17	-x-	0,07		mg/L	SMWW

Legenda: -x- : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada; UFC: Unidade formadora de colônia; NI(*): Não informado; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Baúlio, 23 de Fevereiro de 2017


 Arizânia Argente de Lara
 Responsável Técnica
 CREB: 68427/07D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA Nº. 27/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água de Rio
 Identificação da amostra: PM - 05
 Data da coleta: 21/02/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 Nº. de registro: 27/2017

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP*/100mL)
Coliformes totais a 35°C	6,9
Coliformes a 45°C (<i>E.coli</i>)	6,9

*Número Mais Provável

INTERPRETAÇÃO

Segundo a Resolução do CONAMA 357, 17 de março de 2005.

As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões.

- Coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº. 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Pato Branco - PR, 14 de março de 2017.

Prof. Ms. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1998

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA N°. E8/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligreiro
 Identificação da amostra: PM - 06
 Data da coleta: 22/02/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N°. de registro: E8/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,32
Oxigênio Dissolvido	9,0 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	8,062 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio -DBO _{5, dia}	7,800 mg.L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,094 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	12,26 mg.L ⁻¹
Turbidez	5,44 uT

(1) uT - Unidade de Turbidez

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 14 de março de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/09/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-870
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

751 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque - CEP: 85507050 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077490 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 05
 Data de Entrada: 22/02/2017 16:54
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: 19
 Temp. no Receb.: 3,9 °C
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

Data e Hora da Coleta: 22/02/2017 10:15
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: NI*
 Quantidade de Amostra: 300 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT./HR INICIO	DT. FIM	REFERENCIA	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo Total	22/02/17 17:10	22/02/17	-	0,05		mg/L	SMWW

Legenda: -x- : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada; UFC: Unidade formadora de colônia; NI*): Não informado; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 23 de Fevereiro de 2017


 Ariângela Anunciação de Lenc
 Responsável Técnica
 CRBio 66427/07D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA Nº. 28/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água de Rio
 Identificação da amostra: PM - 06
 Data da coleta: 22/02/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 22/02/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: 28/2017

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultado: (NMP*/100mL)
Coliformes totais a 35°C	6,9
Coliformes a 45°C (<i>E.coli</i>)	5,1

*Número Mais Provável

INTERPRETAÇÃO

Segundo a Resolução do CONAMA 357, 17 de março de 2005.

As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões.

- Coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA n.º 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Pato Branco - PR, 14 de março de 2017.

Prof. Msc. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/09/1958

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pt@utfpr.edu.br



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E25/2017

Solicitante: Enequias da Luz
 Coletor da Amostra: Enequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligairo
 Identificação da amostra: PM - 01
 Data da coleta: 12/06/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 13/06/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 Nº. de registro: E25/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	5,80
Oxigênio Dissolvido	7,0 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	32,88 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ dia	19,20 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,120 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	16,00 mg L ⁻¹
Turbidez	1,22 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	<0,3
Coliformes termotolerantes (45°C)	<0,3

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 11 de julho de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/09/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-870
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

2475 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiaí - São Roque - CEP: 86507060 - Palo Branco - PR
 Telefone: 901077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 01
 Data de Entrada: 14/06/2017 15:23 Data e Hora da Coleta: 12/06/2017 14:25
 Data de Fabricação: NÍ Data de Validade: NÍ
 Embalagem: frasco plástico Nº do Lote: NÍ
 Temp. da Coleta: 20 Nº do Lacre: NÍ
 Temp. no Receb.: 7 °C Quantidade de Amostra: 300 mililitro
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT. INÍCIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fóssforo Total (P)	14/06/17 16:00	14/06/17	<-	< 0,04		mg/L	SMWW

Legenda: <- : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada; NÍ: Não informado; I.M.: Incertezas de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 16 de Junho de 2017

Antângela Antunes de Lima
 Responsável Técnica
 CRBio 0542707D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E26/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligeiro
 Identificação da amostra: PM - 02
 Data da coleta: 12/06/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 13/06/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: E26/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	6,36
Oxigênio Dissolvido	7,6 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	32,88 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ dia	21,00 mg.L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	0,560 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	68,00 mg.L ⁻¹
Turbidez	3,36 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	>110
Coliformes termotolerantes (45°C)	>110

(2) NMP² - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 11 de julho de 2017.

Prof. M. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Regiço
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/09/1996

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pt@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

2476 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiaí - São Roque - CEP: 85507060 - Palo Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 02
 Data de Entrada: 14/06/2017 15:30 Data e Hora da Coleta: N
 Data de Fabricação: N Data da Validade: N
 Embalagem: frasco plástico Nº do Lote: N
 Temp. de Coleta: N Nº do Lacre: N
 Temp. no Recob.: 7 °C Quantidade de Amostra: 300 mililitro
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias

RESULTADOS

ENSAYO	DT./HR. INICIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fórmula Total (F)	14/06/17 15:00	14/06/17	α-	< 0,04		mg/L	SMWW

Legenda: α- : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edição, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada ; N(°): Não informado ; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 16 de Junho de 2017

Arizangele Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CREC 05427/07D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E27/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligairo
 Identificação da amostra: PM - 03
 Data da coleta: 12/06/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 13/06/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: E27/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	6,95
Oxigênio Dissolvido	7,3 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	32,88 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ , dia	21,60 mg.L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,120 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	66,00 mg.L ⁻¹
Turbidez	4,04 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados: (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	46
Coliformes termotolerantes (45°C)	46

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 11 de julho de 2017.

Prof. Msc. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-870
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

2477 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LIZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiaí - São Roque - CEP: 85507060 - Palo Branco - PR
 Telefone: 091077450 e-mail: ezequias.liz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 03
 Data de Entrada: 14/06/2017 15:31 Data e Hora da Coleta: 13/06/2017 17:03
 Data de Fabricação: NF Data de Validade: NF
 Embalagem: Frasco plástico NF do Lote: NF
 Temp. da Coleta: 17 NF do Lacre: NF
 Temp. no Recb.: 7 °C Quantidade de Amostra: 300 mililitro
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT. HR INICIO	DT. HR FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	L.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fóssato Total (P)	14/06/17 16:08	14/06/17	-	< 0,04		mg/L	SMW

Legenda: - - : Sem referência

Metodologia:
 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada ; NF(): Não informado ; L.M.: Incertezas de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Brito, 16 de Junho de 2017


 Arizangela Antunes de Lenc
 Responsável Técnica
 CRBIO 0542107/D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E28/2017

Solicitante: Esequias da Luz
 Coletor da Amostra: Esequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligairo
 Identificação da amostra: PM-04
 Data da coleta: 13/06/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 13/06/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 Nº. de registro: E28/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	6,94
Oxigênio Dissolvido	7,1 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	35,96 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ dia	9,60 mg.L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	0,560 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	58,00 mg.L ⁻¹
Turbidez	6,78 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultado: (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	2,3
Coliformes termotolerantes (45°C)	0,36

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 11 de julho de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/09/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pt@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

2478 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiaí - São Roque CEP: 85507060 - Palo Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 04
 Data de Entrada: 14/06/2017 15:33 Data e Hora da Coleta: 13/06/2017 09:50
 Data de Fabricação: N/A Data da Validade: N/A
 Embalagem: frasco plástico N° do Lote: N/A
 Temp. de Coleta: 13 N° do Lacre: N/A
 Temp. no Receb.: 7 °C Quantidade de Amostra: 300 mililitro
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT. HR INICIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo Total (P)	14/06/17 16:00	14/06/17	-	0,05		mg/L	SMWW

Legenda: -x- : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edição, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada ; N/A: Não informado ; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 15 de Junho de 2017

Arizangela Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRBio 0642707D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E29/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligeiro
 Identificação da amostra: PM - 05
 Data da coleta: 13/06/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 13/06/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 Nº. de registro: E29/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,00
Oxigênio Dissolvido	9,1 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	39,09 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ _{20°C}	14,40 mg.L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	0,560 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	51,00 mg.L ⁻¹
Turbidez	9,32 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	9,3
Coliformes termotolerantes (45°C)	0,36

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21^a ed.

Pato Branco - PR, 11 de julho de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/09/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

2479 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LLZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiaí - São Roque - CEP. 85507060 - Palo Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.llz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 05
 Data de Entrada: 14/06/2017 15:34 Data e Hora da Coleta: 13/06/2017 11:44
 Data de Fabricação: N° Data da Validade: N°
 Embalagem: Frasco plástico N° do Lote: N°
 Temp. de Coleta: 17 N° do Lacre: N°
 Temp. no Recb.: 7 °C Quantidade de Amostra: 300 mililitro
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT. INÍCIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo Total (P)	14/06/17 16:00	14/06/17	-	0,05		mg/L	SMWW

Legenda: -/- : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada; N(°): Não informado; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 16 de Junho de 2017


 Adriana Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRBio 66427/07D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE N° E30/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligreiro
 Identificação da amostra: PM - 06
 Data da coleta: 13/06/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 13/06/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: E30/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	6,95
Oxigênio Dissolvido	8,8 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	42,19 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ am	13,20 mg.L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	0,560 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	46,00 mg.L ⁻¹
Turbidez	11,0 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	46,0
Coliformes termotolerantes (45°C)	2,1

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 11 de julho de 2017.

Prof. Msc. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 16/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-670
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

2480 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009/34
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque - CEP: 35507060 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PONTO DE MONITORAMENTO 06
 Data de Entrada: 14/06/2017 15:35 Data e Hora da Coleta: 13/06/2017 12:53
 Data de Fabricação: NI Data da Validade: NI
 Embalagem: Inasco plástico Nº do Lote: NI
 Temp. de Coleta: NI Nº do Lacre: NI
 Temp. no Receb.: 7 °C Quantidade de Amostra: 300 mililitro
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INÍCIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	LM	UNIDADE	METODOLOGIA
Esalor Total (PT)	14/06/17 15:00	14/06/17	-x-	0,04		mg/L	BMW

Legenda: -x- : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012.

Observação: Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada; NI(*): Não informado; L.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não faz em parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 19 de Junho de 2017

Arizangela Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CREB 064270/D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E59/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligairo
 Identificação da amostra: PM - 01
 Data da coleta: 10/08/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 10/08/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: E59/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,41
Oxigênio Dissolvido	7,5 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	42,19 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ dia	10,80 mg.L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	0,60 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	3,00 mg.L ⁻¹
Turbidez	0,69 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	-0,3
Coliformes termotolerantes (45°C)	-0,3

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 19 de setembro de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1996

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

3310 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPP: 075.600.000-04
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque - CEP: 85507000 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PMD1
 Data de Entrada: 11/06/2017 11:07
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: NA
 Temp. no Recibo: 10 °C
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz
 Temperatura do AR na coleta: 10°C
 Temperatura da Água na coleta: 15°C

Data e Hora da Coleta: 10/06/2017 10:45
 Local da Coleta: NI
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: NA
 Quantidade de Amostra: 300 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DIHR INICIO	DI. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo (P)	11/06/17 14:35	11/06/17	->	<0,04	<= 0,02	mg/L	SMWW - Método 4500 P-G

Legenda: -> : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.
 O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.
 NA: Não se aplica; NI: Não informado; I.M.: Incerteza de Medição.

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 15 de Agosto de 2017


 Aracely Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRB 0642707D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE N° E60/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligreiro
 Identificação da amostra: PM - 02
 Data da coleta: 10/08/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 10/08/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: E60/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,02
Oxigênio Dissolvido	6,1 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	40,20 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ 20°C	40,20 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	2,40 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	80,00 mg L ⁻¹
Turbidez	1,55 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	110
Coliformes termotolerantes (45°C)	46

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 19 de setembro de 2017.

Prof. Msc. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

3312/2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.800.009-24
 Endereço: Rua Juscelino - São Roque - CEP: 85507080 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PMO2
 Data de Entrada: 11/08/2017 11:12 Data e Hora da Coleta: 10/08/2017 10:10
 Data de Fabricação: NA Local da Coleta: NI
 Embalagem: frasco plástico Data da Validade: NA
 Temp. de Coleta: NA Nº do Lote: NA
 Temp. no Recb.: 10 °C Nº do Lacre: NA
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias de Luz Quantidade de Amostra: 500 mililitro
 Temperatura do AR na coleta: 18°C
 Temperatura da Água na coleta: 18,5°C

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INICIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fóforo (P)	11/08/17 14:30	11/08/17	-/-	0,11	+/- 0,02	mg/L	SMWW - Método 4500 P-G

Legenda: -/- : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.
 O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.
 NA: Não se aplica; NI: Não informado; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

No momento da coleta o poço não apresentava água.
 Não houve chuva nas últimas 24 horas.

Francisco Beltrão, 15 de Agosto de 2017


 Arzangela Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRBIO 6642707D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E61/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligairo
 Identificação da amostra: PM - 03
 Data da coleta: 10/08/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 10/08/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 Nº. de registro: E61/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,14
Oxigênio Dissolvido	7,0 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	48,39 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ dia	21,40 mg.L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	0,60 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	54,00 mg.L ⁻¹
Turbidez	2,03 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	7,5
Coliformes termotolerantes (45°C)	2,3

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 19 de setembro de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Registro
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/09/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

3314 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPP: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque - CEP: 85507080 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PM03
 Data de Entrada: 11/08/2017 11:14
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: NA
 Temp. no Receb.: 10 °C
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz
 Temperatura do AR na coleta: 17°C
 Temperatura da Água na coleta: 18°C

Data e Hora da Coleta: 10/08/2017 09:40
 Local da Coleta: NI
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: NA
 Quantidade de Amostra: 500 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INÍCIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo (P)	11/08/17 14:30	11/08/17	->	<0,04	+/- 0,02	mg/L	SMWW - Método 4500 P G

Legenda: ->: Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada
 O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante
 NA: Não se aplica; NI: Não informado; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Note: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 15 de Agosto de 2017

Arzangela Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRB0 66427/07D



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Unidade Pato Branco
Laboratório de Qualidade Agroindustrial
LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E62/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
Produto: Água do Rio Ligeiro
Identificação da amostra: PM - 03
Data da coleta: 10/08/17
Data do recebimento da amostra no laboratório: 10/08/17
Cidade/Estado: Pato Branco - PR
Nº. de registro: E62/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,02
Oxigênio Dissolvido	3,4 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	35,96 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ 20°C	11,00 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	8,99 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	360,00 mg L ⁻¹
Turbidez	1,66 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	2,3
Coliformes termotolerantes (45°C)	0,9

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21^a ed.

Pato Branco - PR, 22 de setembro de 2017.

Prof. Ms. Pedro Paulo Pereira
CRQ 09300206 IN Região
Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-670
FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

3316 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CNP: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque - CEP.: 85507080 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PMDA
 Data de Entrada: 11/08/2017 11:18
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: NA
 Temp. no Recibo: 50 °C
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz
 Temperatura do AR na coleta: 12°C
 Temperatura da Água na coleta: 14°C
 Data e Hora da Coleta: 10/08/2017 08:25
 Local da Coleta: NI
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: NA
 Quantidade de Amostra: 500 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INICIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fóforo (P)	11/08/17 14:30	11/08/17	-s-	0,12	±f- 0,02	mg/L	SMWW - Método 4500 P Cl

Legenda: -s- : Sem referência

Metodologia:
 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.
 O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.
 NA: Não se aplica ; NI: Não informado ; I.M.: Incerteza de Medição.

Comentário:

Note: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 15 de Agosto de 2017


 Arzangela Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRBio 664278/17D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE N° E63/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligairo
 Identificação da amostra: PM - 05
 Data da coleta: 10/08/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 10/08/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N° de registro: E63/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,07
Oxigênio Dissolvido	7,0 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	35,98 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ dia	30,40 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,20 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	97,00 mg L ⁻¹
Turbidez	2,55 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados: (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	4,3
Coliformes termotolerantes (45°C)	<0,3

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 19 de setembro de 2017.

Prof. M. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1958

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2557 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

3318 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-34
 Endereço: Rua Jurdial - São Roque CEP: 65507060 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - FMO5
 Data de Entrada: 11/08/2017 11:21
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: Frasco plástico
 Temp. de Coleta: NA
 Temp. no Recibo: 10 °C
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz
 Temperatura do AR na coleta: 29°C
 Temperatura da Água na coleta: 18°C

Data e Hora da Coleta: 10/08/2017 14:50
 Local da Coleta: NI
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: NA
 Quantidade da Amostra: 500 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INICIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	LM.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fóforo (P)	11/08/17 14:30	11/08/17	->	0,08	≠ 0,02	mg/L	SMWW - Método 4500 P-G

Legenda: -> : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.
 O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.
 NA: Não se aplica; NI: Não informado; I.M.: Incerteza de Medição.

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 15 de Agosto de 2017


 Aracely Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRB 06 66427/017D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E64/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligairo
 Identificação da amostra: PM - 06
 Data da coleta: 10/08/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 10/08/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 Nº. de registro: E64/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	6,83
Oxigênio Dissolvido	7,3 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	57,70 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ dia	38,40 mg.L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,20 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	82,00 mg.L ⁻¹
Turbidez	2,13 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	-0,3
Coliformes termotolerantes (45°C)	-0,3

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 19 de setembro de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-870
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-ptb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

3320 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.800.000-24
 Endereço: Rua Jundiaí - São Roque - CEP: 85507000 - Peto Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - FM08
 Data de Entrada: 11/08/2017 11:38
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: NA
 Temp. no Recibo: 10 °C
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz
 Temperatura do AR na coleta: 28°C
 Temperatura da Água na coleta: 17°C
 Data e Hora da Coleta: 10/08/2017 16:00
 Local da Coleta: NI
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: NA
 Quantidade de Amostra: 500 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INÍCIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo (P)	11/08/17 14:30	11/08/17	-/-	0,08	+/- 0,02	mg/L	SMWW - Método 4500 P-G

Legenda: -/- - Sem referência

Metodologia:
 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.
 O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.
 NA: Não se aplica; NI: Não informado; I.M.: Incerteza de Medição.

Comentário:

Note: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 15 de Agosto de 2017


 Aracelys Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRBIO 68427/07D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E95/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligairo
 Identificação da amostra: PM - 01
 Data da coleta: 22/10/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 23/10/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: E95/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	6,30
Oxigênio Dissolvido	7,3 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	290,39 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ dia	50,28 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,20 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	52,50 mg L ⁻¹
Turbidez	0,23 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	0,3
Coliformes termotolerantes (45°C)	-0,3

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 05 de dezembro de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/09/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-870
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pt@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

4472 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque CEP: 85507080 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PMO 01
 Data de Entrada: 23/10/2017 10:54
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: NA
 Temp. no Receb.: 06 °C
 Observações: Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

Data e Hora da Coleta: 22/10/2017 19:10
 Local da Coleta: NI
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: NA
 Quantidade de Amostra: 300 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INICIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fóforo (P)	23/10/17 15:20	23/10/17	->	<0,20	+/- 0,02	mg/L	SMWW - Método 4500 P-G

Legenda: -> : Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.

O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.

NA: Não se aplica; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 24 de Outubro de 2017


 Arizangela Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRBio 66427/07D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E96/2017

Solicitante: Esquinas da Luz
 Coletor da Amostra: Esquinas da Luz
 Produto: Água do Rio Ligauro
 Identificação da amostra: PM - 02
 Data da coleta: 22/10/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 23/10/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 Nº. de registro: E96/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,51
Oxigênio Dissolvido	8,4 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	374,16 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ dia	102,94 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,80 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	86,00 mg L ⁻¹
Turbidez	10,0 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados: (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	>110
Coliformes termotolerantes (45°C)	110

(2) NMP² - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21^a ed.

Pato Branco - PR, 05 de dezembro de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-670
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

4473 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CNP: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque CEP: 85507050 - Peto Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PMO 02
 Data de Entrada: 23/10/2017 11:10 Data e Hora da Coleta: 22/10/2017 12:50
 Data de Fabricação: NA Local da Coleta: NI
 Embalagem: Pisco plástico Data da Validade: NA
 Temp. de Coleta: NA Nº do Lote: NA
 Temp. no Receb.: 05 °C Nº do Lote: NA
 Observações: Temperatura da água: 17°C, Temperatura do Ar: Quantidade de Amostra: 300 mililitro
 18°
 Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INICIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo (P)	23/10/17 15:20	23/10/17	->	<0,20	±0,00	mg/L	SMWW - Método 4500 P-G

Legenda: -> : Sem referência

Metodologia:
 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.
 O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.
 NA: Não se aplica; I.M.: Incerteza de Medição

Comentários:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 24 de Outubro de 2017


 Aracelys Antunes de Lenc
 Responsável Técnica
 CREA 68427/070



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE N° E97/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligairo
 Identificação da amostra: PM - 03
 Data da coleta: 22/10/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 23/10/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: E97/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,29
Oxigênio Dissolvido	7,6 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	42,19 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ 5 ^{as}	9,07 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	0,60 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	43,95 mg L ⁻¹
Turbidez	10,4 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	46,0
Coliformes termotolerantes (45°C)	24,0

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 05 de dezembro de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a Lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

4474 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.058-34
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque - CEP: 85507060 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PMO 03
 Data de Entrada: 23/10/2017 11:13
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: NA
 Temp. no Recibo: 05 °C
 Observações: Temperatura da água: 18°C, Temperatura do Ar: 20°
 Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

Data e Hora da Coleta: 23/10/2017 12:22
 Local da Coleta: NI
 Data da Validade: NA
 N° do Lote: NA
 N° do Lacre: NA
 Quantidade da Amostra: 300 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INICIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	L.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fóforo (P)	23/10/17 15:20	23/10/17	-s-	<0,20	±0,02	mg/L	SMWW - Método 4500 P-G

Legenda: -s- : Sem referência

Metodologia:
 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.
 O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.
 NA: Não se aplica ; L.M.: Incertezas de Medição

Comentário:

Note: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 24 de Outubro de 2017


 Arzangela Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRB06 684278/7D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E98/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligastro
 Identificação da amostra: PM-04
 Data da coleta: 22/10/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 23/10/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 Nº. de registro: E98/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,30
Oxigênio Dissolvido	8,1 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	79,42 mg L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ dia	14,15 mg L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	3,00 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	36,31 mg L ⁻¹
Turbidez	35,8 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultado: (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	110,0
Coliformes termotolerantes (45°C)	3,6

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 05 de dezembro de 2017.

Prof. M. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Contato km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

4475 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CNP: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque - CEP: 85507080 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PMO 04
 Data de Entrada: 23/10/2017 11:15
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: NA
 Temp. no Receb.: 05 °C
 Observações: Temperatura de água: 18°C, Temperatura do Ar: 18°C
 Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

Data e Hora da Coleta: 23/10/2017 11:45
 Local da Coleta: NI
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: NA
 Quantidade de Amostra: 500 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INICIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	LM.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fóforo Total (P)	23/10/17 15:20	23/10/17	->	<0,20		mg/L	SMWW

Legenda: -> - Sem referência

Metodologia:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada

O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante

NA: Não se aplica ; LM: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 24 de Outubro de 2017

Associação Brasileira de Laboratórios de Análise Ambiental
 Aracelys Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRB 58427/07D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE N° E99/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligreiro
 Identificação da amostra: PM - 05
 Data da coleta: 22/10/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 23/10/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 N.º de registro: E99/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	7,00
Oxigênio Dissolvido	10,1 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	181,80 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ _{20°C}	12,12 mg.L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,80 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	24,01 mg.L ⁻¹
Turbidez	18,4 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	46,0
Coliformes termotolerantes (45°C)	4,3

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 05 de dezembro de 2017.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/09/1996

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

4476 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque CEP: 85507080 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PMQ 05
 Data de Entrada: 23/10/2017 11:18
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: NA
 Temp. no Receb.: 08 °C
 Observações: Temperatura da água: 20°C, Temperatura do Ar: 15°
 Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

Data e Hora da Coleta: 23/10/2017 10:00
 Local da Coleta: NI
 Data da Validade: NA
 Nº do Lote: NA
 Nº do Lacre: NA
 Quantidade de Amostra: 500 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INICIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	LM.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo (P)	23/10/17 15:20	23/10/17	->	+0,20	+/- 0,02	mg/L	SMWW - Método 4500 P-G

Legenda: -> : Sem referência

Metodologia:
 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.
 O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.
 NA: Não se aplica; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 24 de Outubro de 2017


 Arizangela Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRBio 8642707D



Ministério da Educação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
 LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE Nº E100/2017

Solicitante: Ezequias da Luz
 Coletor da Amostra: Ezequias da Luz
 Produto: Água do Rio Ligairo
 Identificação da amostra: PM - 06
 Data da coleta: 22/10/17
 Data do recebimento da amostra no laboratório: 23/10/17
 Cidade/Estado: Pato Branco - PR
 Nº. de registro: E100/2017

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
pH	6,95
Oxigênio Dissolvido	8,1 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Química de Oxigênio - DQO	17,37 mg.L ⁻¹ O ₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ dia	6,80 mg.L ⁻¹ O ₂
Nitrogênio Total	1,20 mg.L ⁻¹
Sólidos Totais	22,36 mg.L ⁻¹
Turbidez	56,9 uT ⁽¹⁾

(1) uT - Unidade de turbidez

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Parâmetros	Resultados: (NMP ⁽²⁾ /mL)
Coliformes totais (35°C)	110,0
Coliformes termotolerantes (45°C)	24,0

(2) NMP - Número mais provável

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco - PR, 05 de dezembro de 2017.

Prof. Ms. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IN Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ - 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/09/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 - Pato Branco - PR CEP: 85.501-070
 FONE: (48)3220-2537 e-mail: laqua-pt@utfpr.edu.br



LABORATÓRIO PARA GARANTIA DA QUALIDADE ANÁLISES DE ALIMENTOS E AMBIENTAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

4477 / 2017

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: EZEQUIAS DA LUZ
 CNPJ/CPF: 075.600.009-24
 Endereço: Rua Jundiá - São Roque CEP: 85507060 - Pato Branco - PR
 Telefone: 991077450 e-mail: ezequias.luz@hotmail.com

DADOS DA AMOSTRA

Desc. da Amostra: ÁGUA - PMO 06
 Data de Entrada: 23/10/2017 11:18
 Data de Fabricação: NA
 Embalagem: frasco plástico
 Temp. de Coleta: NA
 Temp. no Recib.: 06 °C
 Observações: Temperatura da água: 17°C, Temperatura do Ar: 20°
 Responsável pela coleta: Ezequias da Luz

Data e Hora da Coleta: 22/10/2017 10:55
 Local da Coleta: N
 Data da Validade: NA
 N° do Lote: NA
 N° do Lacre: NA
 Quantidade de Amostra: 300 mililitro

RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICO

ENSAIO	DT/HR INÍCIO	DT. FIM	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADO	I.M.	UNIDADE	METODOLOGIA
Fósforo (P)	23/10/17 15:20	23/10/17	->	<0,20	±0,02	mg/L	SMWW - Método 4500 P-G

Legenda: -> - Sem referência

Metodologia:
 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition, 2012.

Informações Adicionais:

Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra analisada.
 O plano de amostragem é de responsabilidade do solicitante.
 NA: Não se aplica; I.M.: Incerteza de Medição

Comentário:

Nota: Opiniões e interpretações não fazem parte do escopo de acreditação deste laboratório.

Francisco Beltrão, 24 de Outubro de 2017


 Arizangela Antunes de Lara
 Responsável Técnica
 CRB06 6642767D