



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

ANDRESSA BALEM

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LAJEADO IPIRANGA
ATRAVÉS DE TESTES TOXICOLÓGICOS E ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA**

ERECHIM - RS

2018

ANDRESSA BALEM

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LAJEADO IPIRANGA
ATRAVÉS DE TESTES TOXICOLÓGICOS E ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS – Campus de Erechim, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Prof.^a Dra. Cristiane Funghetto Fuzinatto

ERECHIM – RS

2018

ANDRESSA BALEM

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LAJEADO IPIRANGA
ATRAVÉS DE TESTES TOXICOLÓGICOS E ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS - Campus de Erechim, como parte das exigências para obtenção do título de bacharela em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristiane Funghetto Fuzinatto

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Cristiane Funghetto Fuzinatto
UFFS – Erechim

Prof. Dr. Paulo Afonso Hartmann
UFFS – Erechim

Prof^a. Dr^a. Clarissa Dalla Rosa
UFFS – Erechim

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Dr^a. Cristiane Funghetto Fuzinato, minha orientadora, por toda a ajuda, conhecimentos repassados, dedicação e orientação na execução deste trabalho.

À toda equipe de trabalho do laboratório, inclusive aquelas que não fazem mais parte, pelas novas amizades, convívio e auxílio durante a execução dos testes.

À minha família, por todo apoio, incentivo, compreensão e carinho, principalmente à minha mãe e meu namorado pela ajuda nas coletas.

Ao técnico de laboratório Bruno Zucuni Prina pelo auxílio na elaboração dos mapas.

À Universidade Federal da Fronteira Sul, juntamente com professores e funcionários que vem me auxiliando no decorrer da graduação.

RESUMO

A água é um elemento indispensável a manutenção de todas as formas de vida, ao bem-estar e ao desenvolvimento socioeconômico, podendo apresentar distintas características, dependendo do local e das condições do ambiente. Com o aumento populacional e o desenvolvimento tecnológico, intensificaram-se as atividades industriais e agrícolas o que vem resultando em um considerável aumento nos níveis de contaminação no ambiente, principalmente na água. Desse modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do rio Lajeado Ipiranga através do Índice de Qualidade da Água e testes toxicológicos com o microcrustáceo *Daphnia magna*. O rio Lajeado Ipiranga, objeto de estudo, é a principal fonte de abastecimento da cidade de Campinas do Sul-RS, estando localizado na área rural do município, foi monitorado em três localidades: próximo a uma nascente (P1), local onde é feita a captação da água pela companhia de abastecimento (P2) e um ponto mais a jusante localizado após a junção ao rio de um córrego que percorre a área urbana do município (P3), pontos estes delimitados de forma a abranger grande parte do seu curso d'água. Foram realizadas seis coletas divididas em dois períodos amostrais, sendo o primeiro período realizado nos meses de Novembro de 2016, Janeiro e Fevereiro de 2017 e o segundo período nos meses de Novembro de 2017, Janeiro e Fevereiro de 2018. O Índice de Qualidade da Água (IQA) e os testes toxicológicos foram utilizados para avaliar a qualidade da água do rio. O IQA foi estimado através da avaliação dos seguintes parâmetros: Coliformes Fecais, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}), pH, Temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total e Sólidos Totais. Quanto aos testes toxicológicos, foram realizados testes agudos para todas as amostras coletadas no primeiro período de análise e testes crônicos apenas para as amostras coletadas no P3 do primeiro período de análise, onde ambos apresentaram ausência de toxicidade. Todos os pontos analisados apresentaram classificação como sendo de boa qualidade, utilizando como referência o IQA da CETESB-SP. Porém, quando utilizou-se como referência o IQA FEAM-MG a grande maioria dos pontos classificou-se como sendo de qualidade média. Apesar da boa qualidade registrada no IQA CETESB-SP, quando avaliados individualmente cada parâmetro, foi verificado que alguns estão em desacordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, que são os seguintes: Coliformes Termotolerantes, DBO_{5,20}, Nitrato e Fósforo Total. Considerando os resultados dos parâmetros analisados neste estudo, os resultados obtidos são considerados preocupantes, sendo necessário um contínuo monitoramento deste ambiente.

Palavras-chave: Índice de qualidade da água. Água superficial. Uso da Terra. *Daphnia magna*.

ABSTRACT

Water is an indispensable element in the maintenance of all life forms, well-being and socioeconomic development, and may present different characteristics, depending on the location and conditions of the environment. With population growth and technological development, industrial and agricultural activities have intensified, resulting in a considerable increase in the levels of contamination in the environment, especially in water. Thus, the present study aimed to evaluate the water quality of the Lajeado Ipiranga river through the water quality index and toxicological tests with the microcrustacean *Daphnia magna*. The Lajeado Ipiranga river is the main source of supply in the city of Campinas do Sul-RS. It is located in the rural area of the municipality and was monitored in three localities: near a source (P1), where it is made the water catchment by the water supply company (P2) and a point further downstream located after the junction to the river of a stream that runs through the urban area of the municipality (P3), points delimited to cover a large part of its course d 'water. Six samples were collected, divided into two sample periods, the first period being carried out in november 2016, january and february 2017 and the second period in november 2017, january and february 2018. The water quality index (WQI) and toxicological tests were used to evaluate river water quality. The WQI was estimated by evaluating the following parameters: fecal coliforms, biochemical oxygen demand (BOD_{5,20}), pH, temperature, dissolved oxygen, turbidity, nitrate, nitrite, ammoniacal nitrogen, total phosphorus and total solids. As for toxicological tests, acute tests were performed for all samples collected in the first period of analysis and chronic tests only for the samples collected in P3 of the first period of analysis, where both presented no toxicity. All the analyzed points presented classification as being of good quality, using as reference the IQA of CETESB-SP. However, when the IQA FEAM-MG was used as reference, the great majority of the points were classified as being of medium quality. In spite of the good quality registered in IQA of CETESB-SP, when each parameter was evaluated individually, some were found to be in disagreement with the limits established by CONAMA Resolution No. 357/2005, which are: Thermotolerant Coliforms, BOD_{5,20}, Nitrate and Total Phosphorus. Considering the results of the parameters analyzed in this study, the results obtained are considered of concern and a continuous monitoring of this environment is necessary.

Key-words: Water Quality Index. Surface Water. Land Use. *Daphnia magna*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Microcrustáceo <i>Daphnia magna</i>	25
Figura 2: Localização da área de estudo com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Erechim, bem como o Rio Lajeado Ipiranga como sendo uma sub-bacia do rio Erechim.	26
Figura 3: Mapa de uso e ocupação da Terra dividido em sub-bacias de contribuição para cada ponto de análise do Rio Lajeado Ipiranga.	36
Figura 4: Mapa de Uso e Ocupação da Terra Sub-bacia de contribuição P1.	37
Figura 5: Mapa de Uso e Ocupação da Terra Sub-bacia de contribuição P2.	38
Figura 6: Mapa de Uso e Ocupação da Terra Sub-bacia de contribuição P3.	39
Figura 7: Comparação entre os valores de Coliformes Fecais obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.	45
Figura 8: Comparação entre os valores de DBO obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.	46
Figura 9: Comparação entre os valores de Fósforo obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.	47
Figura 10: Comparação entre os valores de Nitrato obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.	49
Figura 11: Comparação entre os valores de Nitrito obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.	50
Figura 12: Comparação entre os valores de Nitrogênio Amoniacal obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.	51
Figura 13: Comparação entre os valores de OD obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.	52
Figura 14: Comparação entre os valores de pH obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.	54
Figura 15: Comparação entre os valores de Sólidos Totais obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.	55
Figura 16: Comparação entre os valores de temperatura obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.	56
Figura 17: Comparação entre os valores de Turbidez obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.	57
Figura 18: Índice de qualidade da água para todos os pontos analisados no Primeiro período de Análise conforme a CETESB-SP.	58

Figura 19: Índice de qualidade da água para todos os pontos analisados no Segundo Período de Análise conforme a CETESB-SP.	59
Figura 20: Índice de qualidade da água para todos os pontos analisados no Primeiro Período de Análise conforme a FEAM-MG.	59
Figura 21: Índice de qualidade da água para todos os pontos analisados no Segundo Período de Análise conforme a FEAM-MG.	60
Figura 22: Representação de teste de toxicidade aguda em execução.	61
Figura 23: Representação de teste de toxicidade crônica em execução.	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estação amostral P1. (A) visão do local de coleta, (B) visão do entorno do local de coleta, onde a marcação em vermelho refere-se ao exato local de coleta.	27
Quadro 2: Estação amostral P2. (A) visão do local de coleta, (B) visão do entorno do local de coleta.....	27
Quadro 3: Estação amostral P3. (A) visão do local de coleta, (B) visão do entorno do local de coleta, onde a marcação em vermelho refere-se ao exato local de coleta.	28
Quadro 4: Classificação da qualidade das águas segundo a CETESB-SP.	32
Quadro 5: Classificação da qualidade das águas segundo a FEAM-MG.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados no trabalho com suas respectivas metodologias.....	30
Tabela 2: Áreas em hectares e em porcentagem das classes de uso e ocupação do solo para a sub-bacia P1.....	37
Tabela 3: Áreas em hectares e em porcentagem das classes de uso e ocupação do solo para a sub-bacia P2.....	39
Tabela 4: Áreas em hectares e em porcentagem das classes de uso e ocupação do solo para a sub-bacia P3.....	40
Tabela 5: Dados pluviométricos da cidade de Campinas do Sul-RS no período de análise (Novembro/16 – Fevereiro/17 e Novembro/17 - Fevereiro/18).	41
Tabela 6: Resultados dos parâmetros do IQA para o mês de Novembro em todos os pontos de coleta do Rio Lajeado Ipiranga em Campinas do Sul – RS.....	42
Tabela 7: Resultados dos parâmetros do IQA para o mês de Janeiro em todos os pontos de coleta do Rio Lajeado Ipiranga em Campinas do Sul – RS.....	43
Tabela 8: Resultados dos parâmetros do IQA para o mês de Fevereiro em todos os pontos de coleta do Rio Lajeado Ipiranga em Campinas do Sul – RS.....	44
Tabela 9: Resultado do teste de toxicidade crônica.....	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 JUSTIFICATIVA	14
3 OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4 REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1 LEGISLAÇÃO	16
4.2 QUALIDADE DA ÁGUA.....	16
4.2.1 Parâmetros de Qualidade da Água	17
4.2.1.1 Turbidez.....	17
4.2.1.2 Oxigênio Dissolvido (OD).....	18
4.2.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	18
4.2.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20}).....	18
4.2.1.5 Nitrogênio Total (NT)	19
4.2.1.6 Fósforo Total (PT)	19
4.2.1.7 Sólidos Totais (ST)	19
4.2.1.8 Coliformes Termotolerantes.....	20
4.2.1.9 Temperatura	20
4.3 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA	21
5 TOXICOLOGIA AMBIENTAL	23
5.1. PARÂMETROS TOXICOLÓGICOS	23
5.1.1 Testes de Toxicidade Aguda	23
5.1.2 Testes de Toxicidade Crônica	24
5.2 DETERMINAÇÃO DO ORGANISMO TESTE	24
5.2.1 Microcrustáceo <i>Daphnia magna</i> Straus (1820)	25
6 METODOLOGIA	26
6.1 ÁREA DE ESTUDO	26
6.2 MAPAS DE USO DO SOLO	28
6.3 COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	29
6.4 ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA	29
6.5 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	31

6.6 ANÁLISES TOXICOLÓGICAS.....	32
6.6.1 Cultivo de <i>Daphnia magna</i>	33
6.6.2 Teste de Toxicidade Aguda com <i>Daphnia magna</i>	33
6.6.3 Teste de Toxicidade crônica com <i>Daphnia magna</i>	34
6.6.4 Teste de Sensibilidade com <i>Daphnia magna</i>	34
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
7.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	35
7.1.1 Sub-bacia P1	36
7.1.2 Sub-bacia P2	38
7.1.3 Sub-bacia P3	39
7.2 PLUVIOMETRIA	41
7.3 AVALIAÇÃO DOS PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS	41
7.3.1 Coliformes Termotolerantes	45
7.3.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	46
7.3.3 Fósforo	47
7.3.4 Nitrato	48
7.3.5 Nitrito	50
7.3.6 Nitrogênio Amoniacal	51
7.3.7 Oxigênio dissolvido	52
7.3.8 pH	53
7.3.9 Sólidos Totais.....	54
7.3.10 Temperatura.....	55
7.3.11 Turbidez.....	56
7.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	58
7.5 TESTES DE TOXICIDADE	61
7.5.1 Toxicidade Aguda	61
7.5.2 Toxicidade Crônica	61
8 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Dentre os diversos recursos naturais disponíveis aos seres humanos, a água é um dos mais importantes, pois é indispensável para o equilíbrio ecológico e sobrevivência de todas as formas de vida do planeta. A água é um recurso valioso e o homem precisa dela em todas as suas atividades, porém, a cada ano está mais difícil encontrá-la adequada ao consumo. (MALUF, 2008).

O Brasil, com cerca de 14% de toda água doce da Terra, é considerado um país rico em relação aos seus recursos naturais, destacando-se os recursos hídricos superficiais que possuem significativas funções econômicas, ecológicas e sociais. Porém, esse país possui graves impasses quanto ao gerenciamento dos seus recursos hídricos (BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

A industrialização e o desenvolvimento econômico, juntamente com o crescimento demográfico, estão ocasionando um aumento significativo no consumo e na contaminação das águas. Rios e aquíferos estão sendo contaminados devido a atividades antrópicas. (SILVA, 2012). Segundo Santos (2008), com o passar do tempo, cresce a manipulação dos recursos naturais pelo ser humano para atender suas necessidades, com isso, ocorrem vários conflitos com o ambiente.

A origem da poluição em ambientes aquáticos está nos despejos de efluentes sem tratamento, em atividades agrícolas, através do uso de produtos químicos e fertilizantes, lixo mal acondicionado e espalhado, entre outros, dos quais muitas substâncias são extremamente complexas e sua ação sobre o ambiente não pode ser especificada apenas por meio de análises corriqueiras (SANTOS, 2008). Em meio aos elementos tóxicos que atingem os ecossistemas aquáticos, as substâncias químicas requerem cautela, em razão de apresentarem elevada ação residual e efeito acumulativo na cadeia alimentar (MESSIAS, 2008).

Por um longo período houve descaso com os recursos hídricos, tanto pela sociedade como pelo governo. Com o passar dos anos a preocupação com a preservação da água e do meio ambiente têm aumentado, intensificando, com isso, a procura por ferramentas capazes de conter os impactos ambientais nestes meios (MESSIAS, 2008). O homem começou a preocupar-se pelas questões ambientais após vários desastres repercutirem (SANTOS, 2008).

Com o intuito de conter os impactos ambientais e melhorar a qualidade das águas, desenvolveram-se leis ambientais que estipulam definições e padrões que devem ser atingidos. Temos como exemplo a Lei Federal nº 9.433 de 1997, conhecida como Lei das Águas, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de

Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), e também a Lei Federal nº 9.984, de 2000, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, que objetiva regulamentar o uso das águas de lagos e rios de domínio da União, assegurando seu uso sustentável, evitando contaminação e o desperdício, e garantindo água de qualidade para a atual e as futuras gerações (BRASIL, 2000).

Para analisar a qualidade da água de um rio estão disponíveis várias metodologias, uma opção é o biomonitoramento, onde são expostos organismos à substâncias químicas para avaliar seus efeitos tóxicos (INAFUKU, 2011). Podem ser utilizados critérios quantitativos, por meio de avaliações físico-químicas, bem como através de padrões semi-quantitativos e qualitativos e indicadores biológicos, como determinação de toxicidade em organismos vivos é também frequentemente utilizada. Identificar e quantificar substâncias são funções das análises químicas, já a qualificação dos efeitos provocados por substâncias é determinada através de análises biológicas. Através destas, são detectados microrganismos patogênicos, enquanto a ecotoxicologia expõe os efeitos agudos ou crônicos ocasionado por elementos químicos (CORRÊA, 2011).

Neste sentido, este trabalho objetiva analisar as características químicas, físicas e biológicas bem como realizar análises para verificar a possível ocorrência de toxicidade nas águas do Rio Lajeado Ipiranga, localizado no município de Campinas do Sul-RS, através da verificação do Índice de Qualidade da Água e testes de toxicidade aguda e crônica com organismos aquáticos.

O IQA significa uma nota atribuída à qualidade da água, podendo variar entre zero e cem. Foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água de um corpo hídrico (ANA, 2017). Já os testes de toxicidade buscam avaliar os efeitos adversos de produtos químicos, materiais antropogênicos e de outros produtos no ambiente sobre os organismos aquáticos (TULIO, 2014).

Os parâmetros a serem analisados serão turbidez, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DBO_{5,20}, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e organismos indicadores de contaminação fecal (coliformes termotolerantes). As análises físico-químicas e microbiológicas da água seguirão metodologias descritas pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2009). Já para os testes será seguida a metodologia descrita por Knie e Lopes (2004), com a utilização do microcrustáceo *Daphnia magna*.

2 JUSTIFICATIVA

A combinação dos efeitos da urbanização e diversas atividades antrópicas, em conjunto com o acelerado aumento populacional visto nas últimas décadas, são facilmente observados nos ecossistemas. Desse modo, corpos d'água são excelentes formas de demonstrar a associação destes efeitos.

A falta de preservação dos recursos hídricos e os indicativos de escassez, revelam a obrigação da realização de pesquisas da qualidade das águas e de se obter meios de preservar esse recurso. Por muito tempo a água foi considerada um recurso infinito, sempre disponível a população, capaz de retomar as suas características aturais. Porém, no momento atual, há uma enorme preocupação quanto à qualidade deste bem de consumo, visto que a expansão das cidades e da agricultura com o uso excessivo do solo, desmatamento, aumento populacional e industrial com a geração de maior quantidade de resíduos e despejo de efluente, resultaram na degradação deste recurso (GLORIA; HORN; HILGEMANN, 2017).

A poluição de um corpo hídrico é considerada um problema mundial. Seu controle é um dos imensos desafios da gestão dos recursos hídricos. Segundo a Constituição Federal toda população possui direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, o qual é um bem de uso comum e fundamental à qualidade de vida, e é dever de todos zelar pela sua proteção e preservação (BRASIL, 1988).

Além disso, o Rio Lajeado Ipiranga é a principal fonte de captação de água para consumo da população de Campinas do Sul-RS, diante disso, é necessária uma avaliação minuciosa da qualidade da água e um monitoramento contínuo, assegurando a qualidade deste recurso.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água do rio Lajeado Ipiranga através do Índice de Qualidade da Água e testes toxicológicos com o microcrustáceo *Daphnia magna*.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a concentração dos parâmetros físico-químicos: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), temperatura, turbidez, sólidos totais, nitrogênio total e fósforo total;
- Determinar o índice de Qualidade da Água (IQA) nos pontos amostrados;
- Avaliar a qualidade da água em diferentes pontos do Rio;
- Verificar a toxicidade aguda da água superficial nos diferentes pontos do rio estudado, utilizando *Daphnia magna* como organismo-teste;
- Verificar a toxicidade crônica da água superficial nos diferentes pontos do rio estudado, utilizando *Daphnia magna* como organismo-teste;

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 LEGISLAÇÃO

Com o passar dos anos tem-se dado uma maior atenção a preservação dos recursos hídricos, intensificando as buscas por ferramentas eficazes na diminuição da degradação ambiental pois a água potável está cada vez mais escassa, prejudicando, assim, toda a sociedade.

As leis ambientais foram desenvolvidas visando controlar a utilização dos recursos ambientais. Instituíram-se quando se constatou a escassez destes recursos tanto pela degradação da qualidade quanto pela quantidade (BORGES; REZENDE; PEREIRA, 2009).

O Brasil dispõe de legislações próprias referentes a qualidade da água. Conta com a lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997, conhecida como lei das águas, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O Artigo 1º da Política Nacional de Recursos Hídricos define que a água é um bem de domínio público e é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Um dos objetivos dessa Política é garantir à atual e às futuras gerações a disponibilidade de água com qualidade adequada aos respectivos usos, o que justifica a regulamentação de métodos de controle da qualidade da água. Conhecer a qualidade das águas é um fator essencial para sua gestão (BRASIL, 1997).

Temos a portaria nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASL, 2011).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 17 de março de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005). Objetivando a determinação de padrões de qualidade da água para assegurar um padrão mantendo sua qualidade.

4.2 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água de determinado ambiente está relacionada com a sua utilização e às propriedades que detém, que são definidas pelos elementos contidos na água. Cada finalidade condiz com uma determinada qualidade. Ao se tratar da qualidade da água de um corpo hídrico, deve-se considerar os distintos fatores que o influenciam, que podem ser naturais ou antrópicos (MENEZES, 2012).

O aumento populacional e ocupação de novos territórios e todos os fatores relacionados a isso geram um acréscimo na geração de resíduos e conseqüente poluição e degradação do ambiente e da água devido as suas múltiplas utilidades, como por exemplo a industrialização, a agricultura e pecuária, o abastecimento (PIRATOBA et al, 2017).

A qualidade da água pode ser prejudicada mesmo com a preservação da bacia hidrográfica, devido ao escoamento e carreamento de elementos do solo ou rochas. Por isso o uso do solo e sua cobertura natural possuem grande importância neste sentido. O uso de fertilizantes agrícolas bem como despejo de efluentes e resíduos colaboram na entrada de substâncias indesejadas na água, contribuindo diretamente para a degradação da sua qualidade (LOPES, 2016).

Segundo Gloria, Horn e Hilgemann (2017), as diversas utilidades da água ocasionam intensas variações nas suas características no decorrer do curso do rio. A partir da análise dos parâmetros que definem suas características é possível detectar a intensidade da degradação deste ambiente, avaliando, assim, sua qualidade e podendo enquadrá-lo quanto as classes.

Quando nos referimos a qualidade da água tem-se uma série de características químicas, físicas e microbiológicas que ela possui, conforme seu uso. A escolha dos parâmetros que serão avaliados na determinação destas características leva em consideração a finalidade da pesquisa a ser desenvolvida (CONDO, 2016). Assim, descrevem-se os parâmetros de qualidade da água avaliados nesta pesquisa.

4.2.1 Parâmetros de Qualidade da Água

A água de rios e corpos de água superficiais pode ser considerada uma mistura ambiental complexa onde estão contidos vários componentes, os quais podem ser naturais ou introduzidos por ações antrópicas. Na análise de uma amostra de água, são definidos inúmeros parâmetros, que traduzem suas características químicas, físicas e biológicas. A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, sendo estes: turbidez, oxigênio dissolvido, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais, coliformes e temperatura (SILVA, 2010).

4.2.1.1 Turbidez

A existência de partículas suspensas, é a causa da turbidez. A turbidez faz com que a luz solar não consiga penetrar através água, limitando a realização da fotossíntese, com isso

diminui a produção de oxigênio, afetando as comunidades aquáticas e, além disso, limita os usos domésticos, industrial e recreacional das águas (FARIAS, 2006).

4.2.1.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

É um dos parâmetros mais importantes que manifestam a qualidade da água de um corpo hídrico (FUNASA, 2014). Fundamental para a permanência da vida aquática, pois diversos organismos necessitam de oxigênio para viver. As baixas concentrações de oxigênio são devidas ao lançamento de efluentes, o que aumenta a carga orgânica demandando grande quantidade de oxigênio para fazer a decomposição. Grandes concentrações de oxigênio dissolvido são encontradas em águas limpas, a menos que causas naturais diminuam esse parâmetro. Na água, o oxigênio é inserido por meio de métodos físicos, e pela fotossíntese (FARIAS, 2006).

Para manter a vida de organismos aeróbicos em ambientes aquáticos são necessários no mínimo de 2 a 5 mg/L de OD (FUNASA, 2014).

4.2.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH exprime o nível de acidez ou alcalinidade de uma solução, expressando com isso a concentração de íons hidrogênio. Análises de pH concedem várias informações em relação a qualidade da água. A produção e o consumo de dióxido de carbono (CO₂) podem causar alterações nesse parâmetro. O pH informa se água é básica, ácida, ou neutra. Estando próximo a sete indica que a água é neutra; se for menor do que sete é ácida e maior do que sete é básica (FARIAS, 2006).

Este parâmetro sofre influência da matéria orgânica, diminuindo consideravelmente quanto maior a quantidade de matéria orgânica, pois são gerados vários ácidos para que ocorra a degradação (FARIAS, 2006).

Sua origem natural está relacionada com o intemperismo de rochas, oxidação de compostos orgânicos e gases da atmosfera. Já sua origem antropogênica relaciona-se a despejos de efluentes. (CUNHA, 2011)

4.2.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

A DBO expressa a quantidade de oxigênio que é necessária para estabilizar a matéria orgânica decomposta aerobicamente pelos microorganismos. É empregada para expressar valores de poluição gerada por matéria orgânica oxidável biologicamente, que são causados

pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente efluente doméstico. A ocorrência de valores elevados de DBO causa redução dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de organismos aquáticos (FARIAS, 2006).

4.2.1.5 Nitrogênio Total (NT)

O nitrogênio é uma das substâncias mais relevantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Isso ocorre devido à sua presença na formação de proteínas, que é um dos constituintes da biomassa (SILVA, 2010).

Nos corpos d'água o nitrogênio pode ocorrer nas formas molecular, amoniacal, nitrito e nitrato. Os sólidos suspensos e dissolvidos originam ocorrência de nitrogênio no ambiente aquático como também é fixado por algas e bactérias. Sua origem antropogênica se dá devido o uso de fertilizantes e despejos de efluentes (ALMEIDA, 2013).

O lançamento de quantidades elevadas de nitrogênio no ambiente aquático juntamente com o fósforo faz com que ocorra um elevado crescimento de algas, podendo vir a causar a eutrofização do ambiente, prejudicando e alterando as características do meio (ALCÂNTARA, 2010).

Conforme é encontrado no ambiente aquático, o nitrogênio pode indicar o nível de contaminação gerada por lançamentos domésticos. Quando encontrado sob forma de amônia indica poluição recente, se estiver na forma de nitrato aponta poluição antiga (ALMEIDA, 2013).

4.2.1.6 Fósforo Total (PT)

É um elemento fundamental para o crescimento de microrganismos estabilizadores de matéria orgânica. Sua origem se dá através de despejos domésticos, através de detergentes superfosfatados e matéria fecal, bem como pela drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas e pela decomposição da matéria orgânica. Na água, apresenta-se nas formas de polifosfato, ortofosfato e fosfato orgânico.

Como o Nitrogênio, quando disponível em elevadas quantidades pode vir a causar a eutrofização do ambiente aquático (ALMEIDA, 2013).

4.2.1.7 Sólidos Totais (ST)

Definido como o resíduo que permanece após a evaporação e secagem em estufa de uma amostra, sob temperatura e tempo estabelecido (ALCÂNTARA, 2010).

Envolvem os distintos contaminantes da água, que compõem sua carga total. Quanto ao tamanho, classificam-se conforme as propriedades da filtragem, onde dissolvidos são os sólidos filtráveis de tamanho entre 10^{-6} e 10^{-3} e em suspensão os não filtráveis entre 10^0 e 10^3 , entre esses dois tamanhos estão as partículas coloidais. Os Sólidos apresentam subdivisão em orgânicos e inorgânicos e voláteis e não voláteis (RIBEIRO, 2010).

4.2.1.8 Coliformes Termotolerantes

O grupo coliforme é formado por bactérias como as dos gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas são gram-negativas e se referem as fezes de animais de sangue quente e com o solo. As bactérias coliformes termotolerantes se multiplicam rapidamente, a uma temperatura de $44,5^{\circ}\text{C}$. Os coliformes termotolerantes são empregados como indicador de poluição sanitária. O grupo coliforme é um bom indicador porque aparece em grande quantidade nas fezes humanas e a possibilidade de encontrá-los é muito grande (ALMEIDA, 2013).

É importante a determinação deste parâmetro, pois, com isso, pode-se verificar a existência de patógenos que são encarregados de propagar doenças de veiculação hídrica (ALMEIDA, 2013).

4.2.1.9 Temperatura

A temperatura é uma importante variável no ambiente aquático, devido a sua influência no metabolismo das comunidades, respiração dos organismos e decomposição da matéria orgânica (SILVA, 2010).

Mudanças na temperatura fazem parte de variações climáticas dos corpos d'água, afetando diretamente os processos que ocorrem no corpo hídrico. A temperatura da superfície sofre intervenção da altitude, latitude, estações do ano, intervalo do dia, profundidade e taxa de fluxo. Aumentos de temperatura normalmente ocorrem devido a lançamentos industriais e termoelétricos (CETESB,2009).

Normalmente, conforme ocorre aumento na temperatura, a pressão de vapor e condutividade térmica também aumentam, já a tensão superficial, o calor específico, a viscosidade, o calor latente de vaporização, a compressibilidade e a constante de ionização diminuem. Os organismos aquáticos apresentam margens de tolerância à temperatura e sofrem alterações com as mudanças, que impactam o crescimento e a reprodução (CETESB, 2009).

4.3 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

A utilização de índices de qualidade da água possui o objetivo de agrupar os dados, obtidos através de análises, em meios de fácil interpretação e compreensão pela população. Segundo a ANA (2017), o desenvolvimento dos índices de qualidade da água se deu a partir da exigência de formas simples e práticas de entendimento das informações a respeito das análises químicas e físicas da água, com o intuito de comunicar a população, facilitando seu entendimento, pois convertem várias informações em um simples número. Porém, esta técnica pode ocasionar a privação de importantes informações referentes as análises efetuadas. Cada rio possui suas próprias peculiaridades, tornando-se complicado definir Algarismos como variáveis indicadoras de qualidade para um corpo hídrico (PEREIRA, 2015).

Podem ser empregados na verificação do atendimento à legislação, bem como estabelecer as prioridades da sua utilização, tanto para consumo como para qualquer outra finalidade, além de verificar a situação ambiental em distintas localidades avaliando a deterioração ou recuperação de sua qualidade (PEREIRA, 2014).

Conforme a ANA (2017), os principais índices de avaliação da qualidade da água são: Índice de Qualidade das Águas (IQA), Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP), Índice de Estado Trófico (IET), Índice de Contaminação por Tóxicos, Índice de Balneabilidade (IB) e Índice de Qualidade de Água para a Proteção da Vida Aquática (IVA).

O Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público é calculado em pontos de amostragem de rios e/ou reservatórios que tem por finalidade o abastecimento público. Sendo que para determinação deste índice são necessários avaliar todos os parâmetros que compõem o IQA além das substâncias tóxicas e organolépticas da água (CETESB, 2016).

Já o Índice de Estado Trófico possui o objetivo de classificar os ambientes hídricos quanto aos seus níveis de trofia, isto é, avaliar a qualidade da água devido à presença grande quantidade de nutrientes, o que acaba causando a eutrofização do meio, devido ao aparecimento de algas e plantas aquáticas (CETESB, 2016).

O Índice de Contaminação por Tóxicos é utilizado pelo IGAM (Instituto Mineiro de gestão das águas), onde é definida uma classificação do ambiente aquático levando em consideração as concentrações obtidas na avaliação de diversos parâmetros. Essas concentrações são comparadas aos valores trazidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 ou pela COPAM/CERH-MG n.º 1/2008. A contaminação pelos tóxicos se classifica em baixa (concentrações $\leq 20\%$), média ($20\% \leq$ concentrações $\leq 100\%$) e alta (concentrações $> 100\%$) (ANA, 2017).

O Índice de Balneabilidade objetiva determinar a qualidade da água para recreação de contato primário, comumente utilizado em praias. Para as análises de balneabilidade segue-se a Resolução CONAMA nº 274/2000, onde as praias podem ser classificadas em ótima, boa, regular ou má (CETESB, 2016).

Já o Índice de Qualidade de Água para a Proteção da Vida Aquática tem por finalidade analisar a qualidade das águas para a proteção da fauna e flora. Considera a toxicidade nos organismos aquáticos além do pH e do OD. Esse índice permite se ter informações referentes ao nível de trofia do corpo hídrico. De acordo com a legislação, a proteção da vida aquática está prevista para corpos hídricos classificados em 1, 2 e 3, então, deve-se utilizar o IVA apenas para meios com essa classificação (CETESB, 2016).

Tem-se também o IQA, o qual foi avaliado nesta pesquisa. Foi utilizado por melhor se enquadrar no ambiente estudado. O IQA foi desenvolvido nos Estados Unidos em 1970, pela *National Sanitation Foundation*. Em 1975 a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) começou a utilizá-lo. Tempo depois, os demais estados brasileiros aderiram a este índice, tornando-o o principal índice de qualidade da água utilizado no Brasil (ANA, 2017). É uma ferramenta essencial para informar sobre a qualidade da água de um determinado corpo hídrico (ALMEIDA, 2006).

Empregado para avaliar se a legislação vigente está sendo atendida, para comparar condições ambientais em locais distintos, medir a degradação ou recuperação da qualidade do corpo hídrico (PEREIRA, 2014). Essa verificação se limita ao fato de que o IQA deixa de avaliar alguns parâmetros que são fundamentais, como substâncias patogênicas, tóxicas e interferências nas características organolépticas da água (ANA, 2017).

O Índice de Qualidade da Água é constituído de nove parâmetros, os quais já foram definidos no item 4.2.1: Turbidez, Temperatura, PH, demanda bioquímica de oxigênio, Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Coliformes Termotolerantes e Sólidos Totais, onde cada um possui um peso, os quais foram definidos devido à importância para a configuração da qualidade da água. Esses parâmetros refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos devido ao despejo de efluente domésticos. Este índice foi criado para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (ANA, 2017).

A Determinação do e IQA é uma ação que praticamente todos os programas de monitoramento de águas superficiais subentendem como meio de acompanhar as alterações das características físicas, químicas e microbiológicas de um corpo hídrico (CETESB, 2009).

5 TOXICOLOGIA AMBIENTAL

A toxicologia tem como objetivo abordar os problemas relacionados a toxicidade sobre o plano analítico como do ponto de vista fisiológico e bioquímico, como também mostrar o conjunto de investigações que analisam a toxicidade de poluentes perante os seres vivos. A toxicologia possui alguns segmentos, destacando-se a toxicologia ambiental, que visa avaliar os efeitos prejudiciais causados pela interação de substâncias químicas contaminantes no meio ambiente (água, solo, ar) nos organismos humanos.

A toxicidade de substâncias químicas no ambiente aquático é determinada através da realização de testes de toxicidade, utilizando-se organismos d'água. A toxicologia aquática estuda os efeitos adversos de substâncias tóxicas nos organismos aquáticos. Quando se estuda a toxicidade, se avaliam os efeitos causados aos organismos-teste através da exposição destes a diversas concentrações da substância que está sendo testada, por um certo intervalo de tempo. A avaliação toxicológica de corpos hídricos possibilita minimizar os impactos ambientais ocasionados por substâncias tóxicas, garantindo a manutenção da vida aquática, bem como a contribuição na busca por medidas de mitigação (MALUF, 2008).

Toxicologia Ambiental é uma expressão utilizada para expor o estudo científico dos efeitos nocivos causados aos organismos vivos por elementos químicos ou naturais que são lançadas no ambiente. Caracteriza pesquisas voltadas para organismos humanos, preocupando-se em estudar as influências e os efeitos nocivos de substâncias químicas, introduzidas pela ação do homem nos ecossistemas (TULIO, 2014).

5.1. PARÂMETROS TOXICOLÓGICOS

5.1.1 Testes de Toxicidade Aguda

Toxicidade aguda é a revelação de um efeito em um intervalo pequeno de tempo, depois da aplicação de uma quantidade única de determinada substância em um organismo. Normalmente, consiste na primeira avaliação a ser executada sobre um produto quando não se organismo teste (MALUF, 2008).

Estes testes definem concentrações do material que causa efeito nocivo na população exposta a ele em um curto intervalo de tempo perante condições controladas. Os resultados são apresentados em FD (fator de diluição) e em CE_{50} (concentração efetiva que causa mortalidade ou imobilidade de 50% dos organismos testes utilizados) (MALUF, 2008).

5.1.2 Testes de Toxicidade Crônica

Testes crônicos estão vinculados aos resultados dos testes de toxicidade aguda, visto que as concentrações subletais são determinadas a partir da CE_{50} . Estes testes possuem maior sensibilidade, quando comparados aos testes agudos.

Os testes de toxicidade crônica são usados de maneira a complementar os testes de toxicidade aguda, sempre que estes não forem suficientes para caracterizar um efeito tóxico mensurável, isto é, para determinar indícios de toxicidade aguda (FERRÃO FILHO; MAGALHÃES, 2008).

Podem-se realizar os testes de toxicidade crônica de três modos diferentes: testes que analisam todo o ciclo de vida do organismo-teste; testes que analisam apenas uma parte do ciclo de vida do organismo-teste, enfatizando uma etapa e através de testes funcionais, onde são medidos os efeitos das substâncias químicas e misturas ambientais sobre o organismo-teste. Esses testes envolvem o ciclo de vida completo do organismo, iniciando com ovos e continuando até que os organismos se reproduzam (FERRÃO FILHO; MAGALHÃES, 2008).

O estudo de toxicidade crônica tem o objetivo de caracterizar o perfil toxicológico de uma substância em uma determinada espécie após expor o organismo a esta substância por um longo tempo, cobrindo o ciclo de vida de forma significativa (2/3 da vida do indivíduo), abrangendo a juventude, crescimento e reprodução. Nessas condições, efeitos que precisam de um grande intervalo de tempo para começarem a se manifestar devem ser notados (MALUF, 2008).

O teste crônico permite expor, a longo prazo, efeitos mais sensíveis sobre os organismos, sendo significativo e complementar ao teste agudo, uma vez que a ausência de efeito agudo não caracteriza ausência de efeito sobre o ambiente.

5.2 DETERMINAÇÃO DO ORGANISMO TESTE

Na toxicologia, a espécie a ser escolhida deve ser a que melhor conceda o efeito toxicológico que se pretende determinar, ou seja, a que apresentar maior sensibilidade ao tipo de teste. A espécie deve apresentar sensibilidade elevada a várias substâncias químicas, o que possibilita maior precisão nos resultados. Alguns pontos interferem na determinação da espécie:

- i. Facilidade de cultivo;
- ii. Facilidade de reprodução;
- iii. Velocidade de crescimento e desenvolvimento;
- iv. Disponibilidade no mercado;

v. Facilidade de manipulação.

Vários pesquisadores propõem que se utilizem ao menos três organismos testes sendo uma espécie de crustáceo, uma de algas e uma de peixe.

Entre inúmeras espécies, a *Daphnia magna*, microcrustáceo de água doce, satisfaz muitos dos critérios para definição de um organismo-teste. É recomendada por vários autores e utilizada mundialmente (MALUF, 2008).

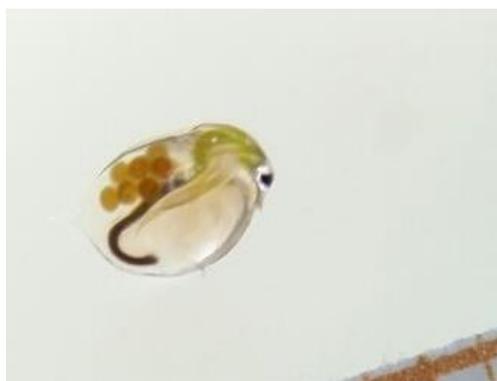
5.2.1 Microcrustáceo *Daphnia magna* Straus (1820)

A *Daphnia magna* é um pequeno microcrustáceo planctônico que vive em água doce, seu tamanho, na fase adulta, varia de 5 a 6 milímetros. Alimenta-se de pequenas partículas de matéria orgânica, sobretudo de algas unicelulares, sendo classificado como consumidor primário na cadeia alimentar aquática. A reprodução se dá de forma assexuada, por partenogênese, dando origem somente a fêmeas (KNIE; LOPES, 2004).

Essa espécie é comumente utilizada para determinação de toxicidade aguda e crônica, apresentando elevada confiabilidade. Seu cultivo depende da qualidade da água e do alimento. São condições ideais de meio de cultura para o cultivo destes organismos: temperatura de 20 ± 2 °C, pH entre 6,5 e 9,5 sendo o pH ótimo entre 7,2 e 8,5 e dureza de 250 ± 25 mg/L de CaCO_3 (OSCAR, 2015).

De acordo com Knie e Lopes (2004), o cultivo deste microcrustáceo apresenta inúmeras vantagens, entre elas, o simples manuseio devido ao seu tamanho, adequação a testes estáticos, semi-estáticos e de fluxo contínuo, facilidade no cultivo, produção de descendentes geneticamente idênticos.

Figura 1: Microcrustáceo *Daphnia magna*



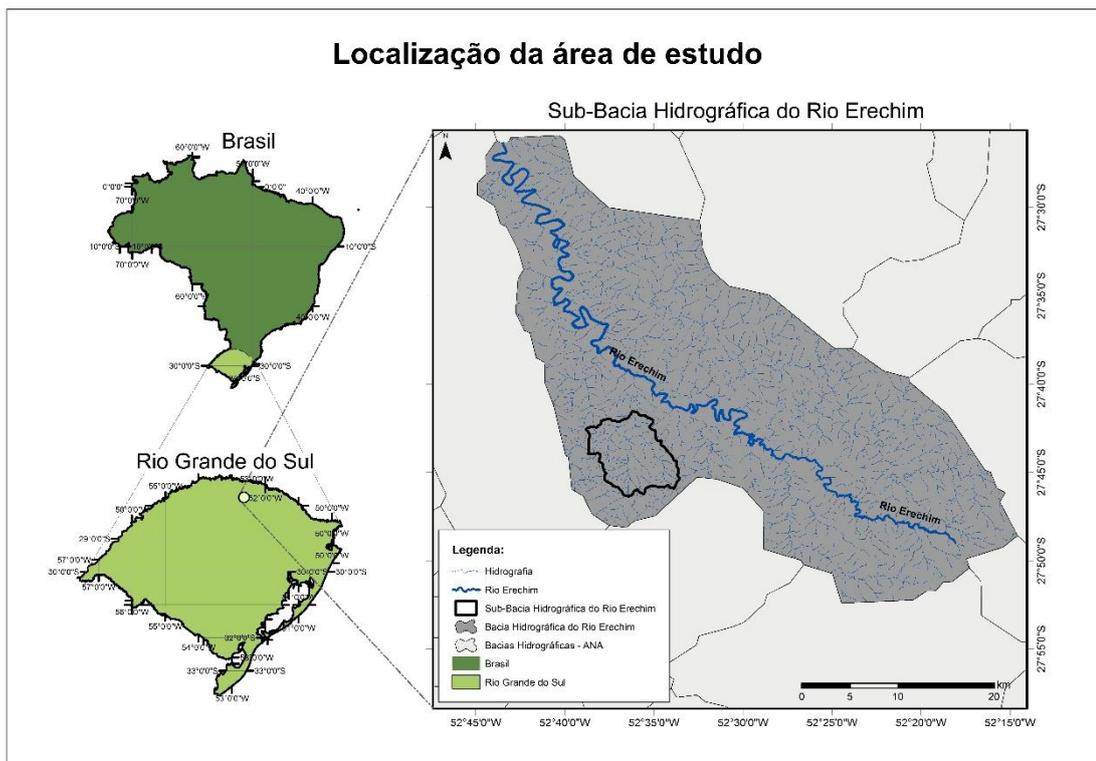
6 METODOLOGIA

6.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Campinas do Sul-RS, localizado na região Norte do Estado do Rio Grande do Sul que conta com uma área de aproximadamente 276,162km², e população estimada em 5.641 habitantes no ano de 2017, sendo que desta 77% é urbana (IBGE, 2018).

O rio Lajeado Ipiranga é a principal fonte de abastecimento da cidade de Campinas do Sul-RS, com extensão de aproximadamente 15.500m, percorrendo o município de Campinas do Sul-RS até desaguar no Rio Erechim localizado no município vizinho de Cruzaltense-RS. Com o intuito de facilitar o entendimento e a visualização, a área em estudo foi delimitada como sendo uma sub-bacia hidrográfica do Rio Erechim, como pode ser visto na figura 1.

Figura 2: Localização da área de estudo com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Erechim, bem como o Rio Lajeado Ipiranga como sendo uma sub-bacia do rio Erechim.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

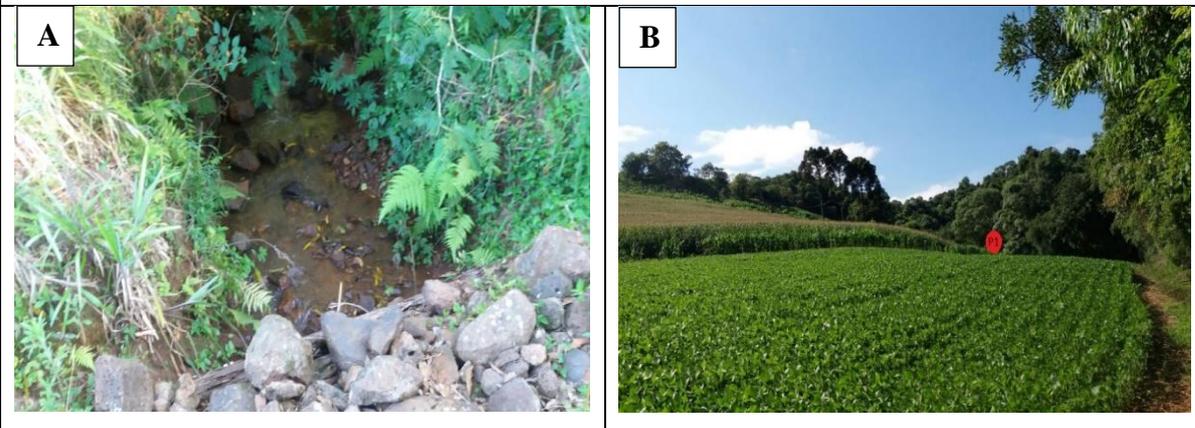
O curso de água do rio Lajeado Ipiranga foi subdividido espacialmente em três estações amostrais (P1, P2 e P3), sendo P1 nas proximidades de uma nascente do rio, P2 onde é feita a

captação da água para abastecimento do município e P3 um ponto mais a jusante, de maneira a abranger grande parte do seu curso de água.

Os pontos de coleta localizam-se nas proximidades de áreas agrícola, próximos a criadouros de gado e porcos, poteiros, e região de pastejo. Os locais de coleta das amostras podem ser visualizados nos quadros 1, 2 e 3 a seguir.

Quadro 1: Estação amostral P1. (A) visão do local de coleta, (B) visão do entorno do local de coleta, onde a marcação em vermelho refere-se ao exato local de coleta.

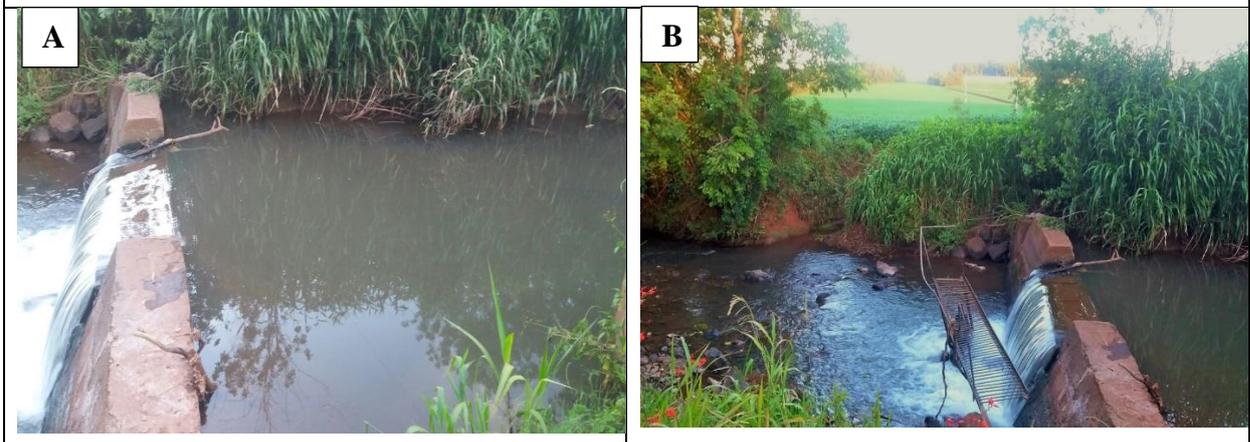
Estação amostral P1, situada nas proximidades de uma nascente do rio, apresenta pouca vegetação nativa na área de entorno, cercada por área agrícola, se encontra em uma propriedade particular na latitude $27^{\circ}45'33.7''S$ e longitude $52^{\circ}36'21.6''O$. Altitude 570m.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Quadro 2: Estação amostral P2. (A) visão do local de coleta, (B) visão do entorno do local de coleta.

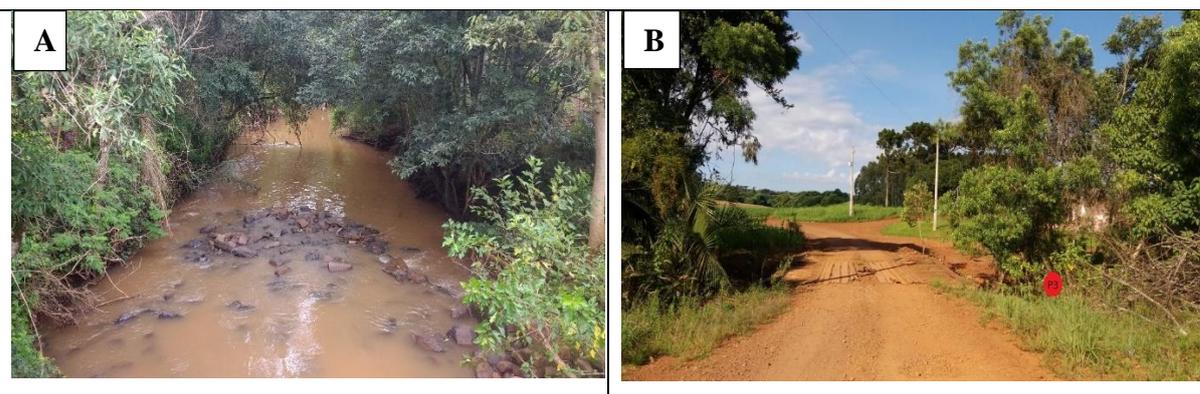
Estação amostral P2 localizada próximo ao ponto onde é feita a captação da água pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), apresenta pouca vegetação nativa no entorno e ausência de urbanização, próximo à área agrícola, situada a aproximadamente 5.000 m da nascente na latitude $27^{\circ}43'10.51''S$ e longitude $52^{\circ}36'20.38''O$. Altitude 537m.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Quadro 3: Estação amostral P3. (A) visão do local de coleta, (B) visão do entorno do local de coleta, onde a marcação em vermelho refere-se ao exato local de coleta.

Estação amostral P3 localizada em uma propriedade particular a cerca de 8.200 m da nascente, local com pouca vegetação nativa, próximo à área agrícola, este ponto situa-se após a junção do Riacho Peccini ao Rio Lajeado Ipiranga, riacho o qual percorre a área urbana do município desaguardo no Lajeado Ipiranga, na latitude $27^{\circ}41'35.39''S$ e longitude $52^{\circ}36'13.74''O$. Altitude 532m.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

6.2 MAPAS DE USO DO SOLO

Com o objetivo de verificar a intervenção do uso da Terra na qualidade da água no rio estudado foram desenvolvidos mapas de uso e ocupação da Terra para as áreas de influência de cada ponto amostrado, onde foi utilizado o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), e o software ArcGis. Para isso foi utilizado o Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus de Erechim.

Para a elaboração do mapa foram utilizadas imagens LANDSAT-8: USGS com resolução espacial de 30m (pancromática:15m) e sistema de referência SIRGAS 2000, fuso 22 Sul. A classificação foi feita seguindo os padrões de cores e nomenclaturas estabelecidas no Manual Técnico de uso da Terra, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – (IBGE, 2013).

6.3 COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de água superficial foram coletadas nos meses de Novembro de 2016, Janeiro e Fevereiro de 2017 (1º período de análise) e após em Novembro de 2017, Janeiro e Fevereiro de 2018 (2º período de análise), para que pudesse ser feito um comparativo.

As amostras foram coletadas em garrafas de plástico de 500mL, mantidas preservadas da luz e resfriadas, em seguida transportadas para o Laboratório de Ecologia e Conservação da Universidade Federal da Fronteira Sul, onde foram armazenadas para posterior realização de testes. Foram coletadas amostras para análises físico-químicas que foram mantidas refrigeradas até o momento das análises e amostras destinadas aos testes toxicológicos que foram congeladas para posterior análise.

6.4 ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA

A determinação de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos está relacionada a qualidade da água de um determinado ambiente. Desta maneira, para que se conseguisse uma definição precisa da qualidade da água em certo ambiente, foi necessária a realização de um monitoramento periódico do meio em estudo. Foram realizadas análises de vários parâmetros ambientais que descrevem as características fundamentais do ambiente. Desse modo, estão identificados na Tabela 1 os parâmetros analisados, suas respectivas unidades e metodologias de análise.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados no trabalho com suas respectivas metodologias.

Parâmetros	Unidades	Metodologia de Análise
Parâmetros Físico-químicos		
DBO _{5,20}	mg.L ⁻¹	Método de Winkler – Standard Methods 4500 – O C & 5210 B (APHA, 1998)
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	Espectrofotometria – Standard Methods 4500 – P H. (APHA, 1998)
Nitrato	mg.L ⁻¹	Espectrofotometria – Standard Methods 4500 – P H. (APHA, 1998)
Nitrito	mg.L ⁻¹	Colorimetria – Standard Methods 4500 – NO-2 B. (APHA, 1998)
Nitrogênio Amoniacal	mg.L ⁻¹	Espectrofotometria – Standard Methods 4500 – Norg B. (APHA, 1998)
Oxigênio Dissolvido	mg.L ⁻¹	Medidor multiparâmetro Profissional Plus – YSI
pH	Unidades de pH	Medidor multiparâmetro Profissional Plus – YSI
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	Seco a 104 ± 1°C – Standard Methods 2540 B. (APHA, 1998)
Temperatura	°C	Medidor multiparâmetro Profissional Plus – YSI
Turbidez	UNT	Turbidímetro AP 2000 - PoliControl
Parâmetros Bacteriológicos		
Coliformes fecais	NMP/100mL	Método dos tubos múltiplos (FUNASA, 2009)
Parâmetros Toxicológicos		
Teste de Toxicidade Aguda com <i>D. magna</i>	CE _{50,48h}	NBR 12.713 (ABNT, 2016)
Teste de Toxicidade Crônica com <i>D. magna</i>	CENO e CEO	NBR 13.373 (ABNT, 2005)

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Destaca-se que as análises de Oxigênio dissolvido, pH, Temperatura foram realizadas no momento da coleta para evitar qualquer alteração.

6.5 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

O cálculo do índice de qualidade da água (IQA) foi proposto visando unir as variáveis analisadas em um número, de forma a possibilitar a análise da evolução da qualidade da água no tempo e no espaço. Este índice serve para facilitar a interpretação de inúmeras listas de indicadores e variáveis (ANA, 2017).

As variáveis utilizadas no cálculo do IQA foram definidas pela *National Sanitation Foudantion* (NSF) nos Estados Unidos, onde foram considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas nove parâmetros: temperatura da água (°C), OD (mg/L), turbidez (UNT), pH, ST, NT, PT, DBO_{5,20} e Coliformes Fecais (CETESB, 2009).

Segundo a CETESB 2009, cada um desses parâmetros possui um peso (w_i), os quais foram definidos devido à importância para a configuração da qualidade da água (ANEXO A).

Além do peso, cada um dos parâmetros possui também um valor de qualidade (q_i), determinado a partir do gráfico de qualidade em função da sua concentração ou valor medido (ANEXO B).

O IQA é calculado através do produto ponderado dos nove parâmetros, utilizando a equação 1 e 2:

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

onde:

IQA - Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

q_i - qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i - peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

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

Onde n é o número de parâmetros utilizados no cálculo do IQA.

Os valores do IQA são classificados em faixas que podem ser vistas no quadro 4.

Quadro 4: Classificação da qualidade das águas segundo a CETESB-SP.

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: Adaptado de CETESB, 2016.

Quadro 5: Classificação da qualidade das águas segundo a FEAM-MG.

Categoria	Ponderação
EXCELENTE	$90 < IQA \leq 100$
BOM	$70 < IQA \leq 90$
MÉDIO	$50 < IQA \leq 70$
RUIM	$25 < IQA \leq 50$
MUITO RUIM	$0 \leq IQA \leq 25$

Fonte: Adaptado de FEAM, 2018.

O IQA foi calculado utilizando-se o software QualiGraf (v.1.17), que é uma ferramenta que auxilia na parte gráfica das análises mais usuais de qualidade de amostras d'água. Foi desenvolvido em 2001 pelo Departamento de Recursos Hídricos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (FUNCEME, 2015).

6.6 ANÁLISES TOXICOLÓGICAS

Para a realização dos testes toxicológicos agudos e crônicos foi utilizado como organismo teste o microcrustáceo planctônico de água doce *Daphnia magna*. A escolha do organismo-teste para esta pesquisa se deu devido ao fato deste já ser cultivado e utilizado em testes toxicológicos no Laboratório de Ecologia e Conservação da Universidade Federal da Sul - UFFS, além de ser mundialmente reconhecido como organismo teste, possuir fácil reprodução e cultivo.

Salienta-se que tanto os testes agudos como crônicos foram realizados apenas com as amostras da coleta 1, ou seja, amostras coletadas nos meses de Novembro de 2016, Janeiro de 2017 e Fevereiro de 2017.

6.6.1 Cultivo de *Daphnia magna*

O cultivo do microcrustáceo *Daphnia magna* foi realizado no Laboratório de Ecologia e Conservação da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, tendo como base a NBR 12.713 (ABNT, 2016).

Os organismos foram mantidos em béqueres de vidro com capacidade para 2000 mL cada, ficando em sala com temperatura controlada à $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 16 horas de luz. Cada recipiente foi preenchido com volume aproximado de 1250 mL de meio de cultura M4, onde foram mantidos em lotes de até 30 indivíduos. O meio M4 (Anexo C) foi renovado três vezes por semana, sendo os organismos transferidos para o novo meio e alimentados, descartando o meio antigo. A alimentação foi feita no mesmo dia da troca do meio e o alimento utilizado foi a alga *Scenedesmus subspicatus*, inoculada em meio nutriente preparado no laboratório.

Na troca, somente os indivíduos adultos foram transferidos para o novo recipiente, enquanto que os filhotes foram descartados em um recipiente com hipoclorito de sódio (NaClO) ou reservados para a utilização em testes do laboratório.

6.6.2 Teste de Toxicidade Aguda com *Daphnia magna*

Para a realização deste teste foi seguida a metodologia disposta pela NBR 12.713 (ABNT, 2016).

Foram testadas todas as amostras de água superficial coletadas. Os testes consistiram na exposição de filhotes de *D. magna* com no máximo 26 horas de vida em diferentes diluições da amostra por um período de 48 horas, sendo a primeira observação de mortalidade/imobilidade 24 horas depois de iniciar o teste.

Foram preparadas quatro diluições das amostras a serem testadas (100%, 50%, 25% e 12,5% de amostra em cada diluição), onde foi utilizado o meio ISO, conforme a norma ISO 6.341 (ISO, 1996).

Estes testes definem a concentração da substância que causa efeito nocivo na população exposta a ele em um curto intervalo de tempo perante condições controladas. Os resultados foram apresentados em $CE_{50,48}$ (concentração efetiva que causa mortalidade ou imobilidade de 50% dos organismos testes utilizados, expostos à solução-teste por 48h).

6.6.3 Teste de Toxicidade crônica com *Daphnia magna*

Testes crônicos estão vinculados aos resultados dos testes de toxicidade aguda, visto que as concentrações subletais são determinadas a partir da CE₅₀. Estes testes possuem maior sensibilidade, quando comparados aos testes agudos.

O estudo de toxicidade crônica tem o objetivo de caracterizar o perfil toxicológico de uma substância em uma determinada espécie após expor o organismo a esta substância por um longo tempo, cobrindo o ciclo de vida de forma significativa (2/3 da vida do indivíduo), abrangendo a juventude, crescimento e reprodução. Nessas condições, efeitos que precisam de um grande intervalo de tempo para começarem a se manifestar devem ser notados (MALUF, 2008).

A metodologia de execução deste teste baseou-se na NBR 13.373 (ABNT, 2005), onde indivíduos jovens de *Daphnia magna* foram expostos a diferentes concentrações de uma mesma amostra de água por 21 dias. Ao final do teste foram analisados a longevidade, reprodução e crescimento, além de possíveis alterações morfológicas.

O resultado dos parâmetros analisados nas diferentes diluições é comparado com o controle, sendo possível, assim, estimar a concentração de efeito não-observado (CENO), bem como a concentração de efeito observado (CEO).

Sendo a CENO a maior concentração da amostra que não causa efeito significativo aos organismos quando comparado ao controle, e a CEO a menor concentração da amostra que causa efeito significativo nos organismos testados quando comparado ao controle. Ambas são expressas em porcentagem.

6.6.4 Teste de Sensibilidade com *Daphnia magna*

Para validação dos testes de toxicidade aguda e crônica, foram realizados testes de sensibilidade com a substância de referência Dicromato de Potássio (K₂Cr₂O₇). A sensibilidade consiste em efetuar um teste expondo por 24 horas indivíduos jovens a diluições de uma solução de Dicromato de Potássio (K₂Cr₂O₇) em meio ISO (Anexo D). A metodologia aplicada a este teste é a mesma do teste agudo, porém as concentrações já são predefinidas. A faixa adequada da sensibilidade para *Daphnia magna* é entre 0,6 e 1,7 mg/L (NBR 12.713, 2016).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições do ambiente como vegetação, clima, geologia e o uso da Terra interferem na qualidade da água de determinada região. Em locais onde há preservação da vegetação natural ocasiona menores índices de erosão e carreamento de substâncias indesejadas para o corpo d'água. Destaca-se, então, a importância de se levar em consideração essas condições na avaliação da qualidade da água de um determinado ambiente (PEREIRA, 2014).

A análise e conhecimento das concentrações de muitos parâmetros é de extrema importância para se ter noção da atual situação de um corpo d'água bem como verificar a situação da água quanto ao cumprimento à condição da sua classe de enquadramento e atendimento a legislação.

Com isso, os resultados obtidos nas análises realizadas foram comparados com a resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), que trata da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

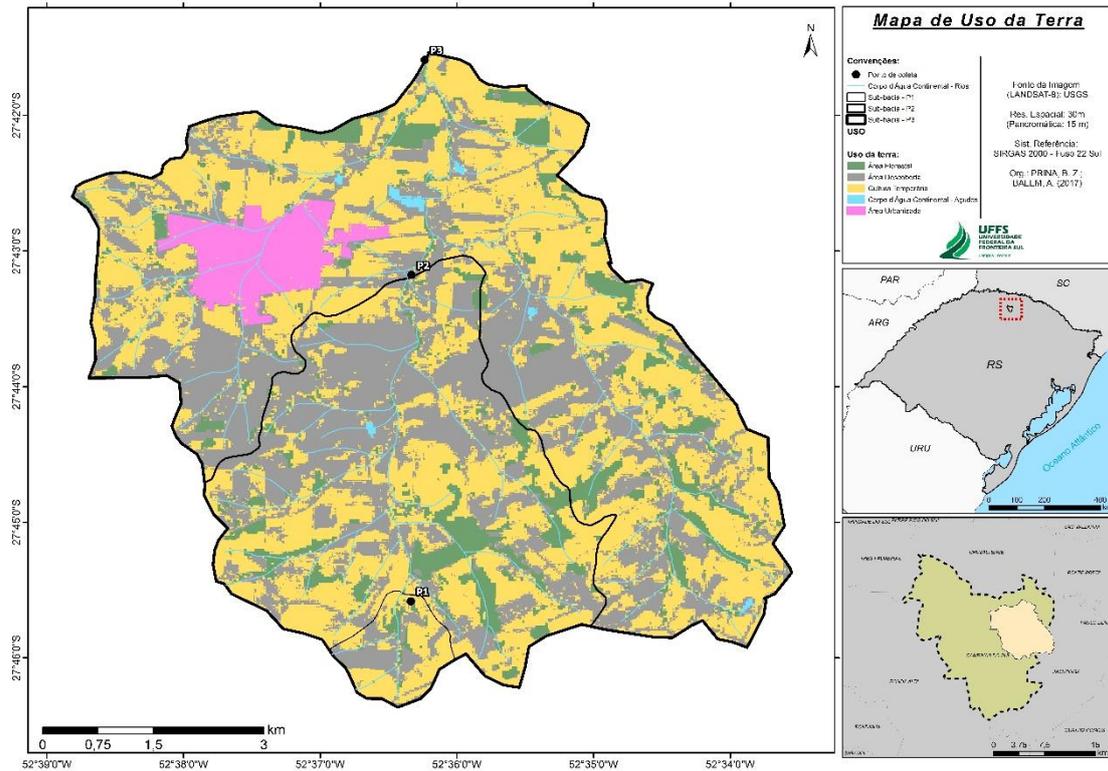
7.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Com o rápido crescimento demográfico a necessidade de explorar novas áreas aumenta para atender as necessidades populacionais e para a execução de inúmeras atividades, entre elas a agricultura. O uso e inapropriado do solo pode afetar a dinâmica natural das bacias hidrográficas, onde o desmatamento pode conduzir ao assoreamento e aparecimento de feições erosivas nos corpos d'água. Informações referentes à utilização e tipo de cobertura do solo são essenciais para o entendimento e análise da qualidade da água em determinado ambiente.

Para realizar a verificação da interferência dos distintos usos e ocupações da terra e relação com o IQA na sub-bacia do Rio Lajeado Ipiranga, foram definidas as áreas de influência em cada estação amostral, divididas em sub-bacias de contribuição, respeitando o relevo de entorno e a hidrografia a montante, com isso, torna-se mais fácil fazer a classificação do uso e ocupação da Terra para essas áreas de influência.

A figura 3 mostra o mapa que representa as diferentes classes de uso da terra para cada sub-bacia de contribuição em uma área que engloba grande parte do curso do rio em estudo, bem como os pontos de coleta.

Figura 3: Mapa de uso e ocupação da Terra dividido em sub-bacias de contribuição para cada ponto de análise do Rio Lajeado Ipiranga.



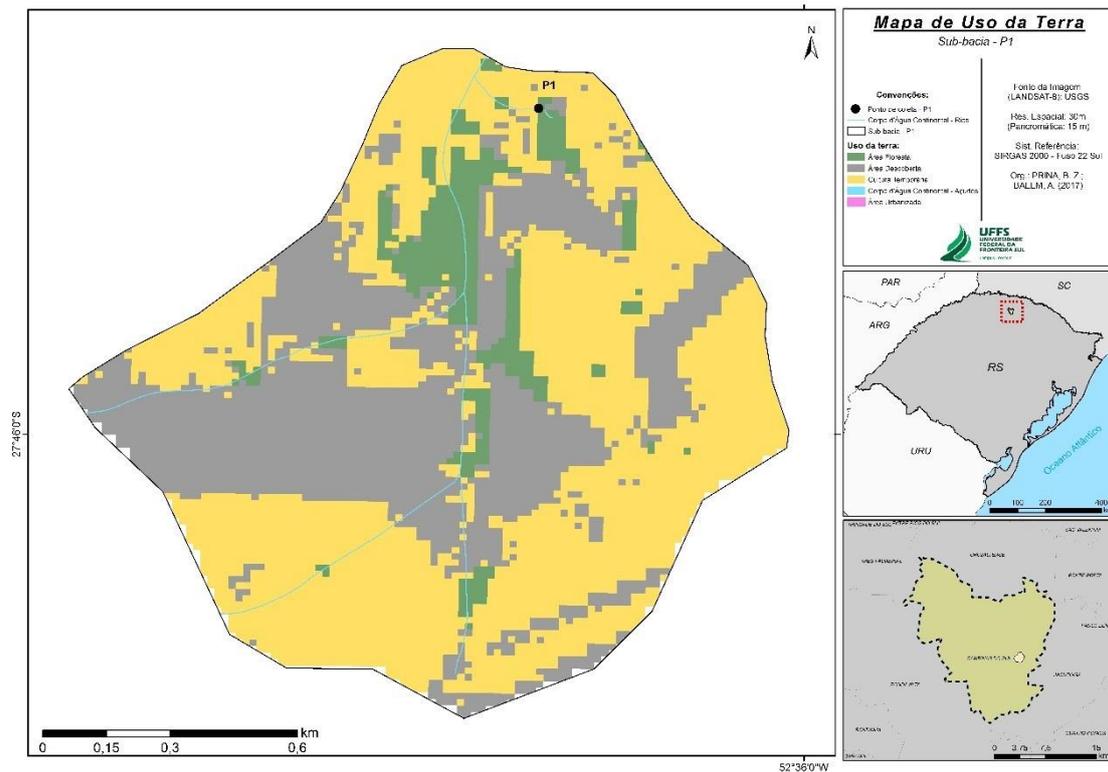
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

A partir da delimitação das áreas de influência foi possível identificar cinco classes de uso da Terra para a área de influência: cultura temporária, que são áreas agrícolas, plantações, pastagem ou poteiros, área descoberta que podem ser solo exposto bem como plantações em estágio inicial, corpos d'água continental que incluem rios e açudes, área urbanizada e área florestal que contempla regiões de mata nativa e fragmentos florestais.

7.1.1 Sub-bacia P1

Menor das sub-bacias de influência, a sub-bacia do P1 possui área de 142,25 ha, abrange a área de contribuição do ponto de coleta P1 localizado próximo a uma nascente do Rio Lajeado Ipiranga. A partir desta delimitação pode-se identificar cinco classes de uso do solo que estão representadas na figura 4 e descritas na tabela 2:

Figura 4: Mapa de Uso e Ocupação da Terra Sub-bacia de contribuição P1.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Tabela 2: Áreas em hectares e em porcentagem das classes de uso e ocupação do solo para a sub-bacia P1.

Usos do Solo	Área da sub-bacia de contribuição	
	ha	%
Cultura Temporária	78,80	55,40
Área descoberta	52,41	36,85
Área florestal	11,04	7,76
Área Urbanizada	0	0
Corpos d'água continental	0	0
TOTAL	142,25	100,00

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

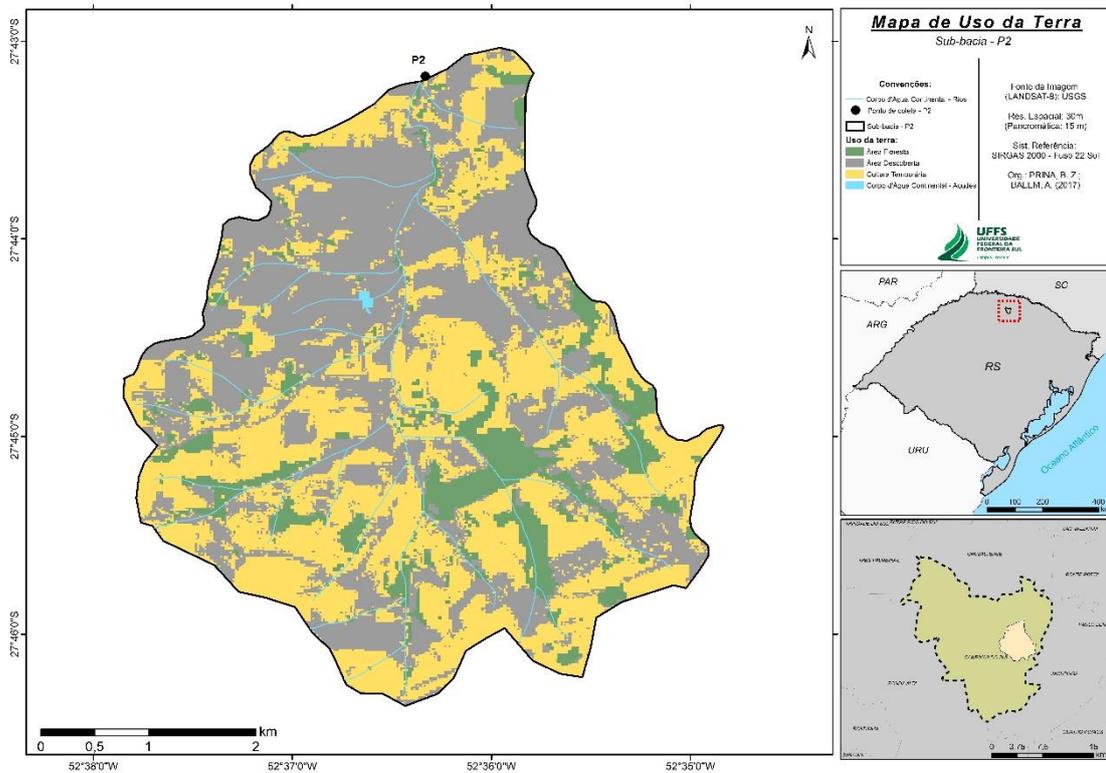
Pode-se observar que o uso referente a cultura temporária representa mais de metade da área estudada, já a vegetação, classificada como área florestal, representa apenas 7,76% dessa área. Isso chama a atenção principalmente por ser uma área de nascente que deveria ser mais preservada, como trazem Marmonte¹; Rodrigues (2015), em seu trabalho de avaliação da qualidade da água na sub-bacia do Córrego Pimenta em São Manuel - SP, a mata ciliar é responsável por preservar os recursos hídricos, e o solo fazendo com que se mantenha a qualidade da água. Age ainda na alteração de compostos químicos e biológicos, como ao

transformar resíduos de defensivos agrícolas em compostos sem toxicidade através da decomposição por microrganismos, oxidação e demais processos que acontecem no solo onde há vegetação.

7.1.2 Sub-bacia P2

A sub-bacia de contribuição do P2, envolve a área de influência correspondente ao ponto de coleta P2.

Figura 5: Mapa de Uso e Ocupação da Terra Sub-bacia de contribuição P2.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

O resultado obtido para as diferentes classes de uso do solo pode ser visualizado na Tabela 3. Nesta esta área de estudo está incluída a área corresponde à sub-bacia de influência P1.

Tabela 3: Áreas em hectares e em porcentagem das classes de uso e ocupação do solo para a sub-bacia P2.

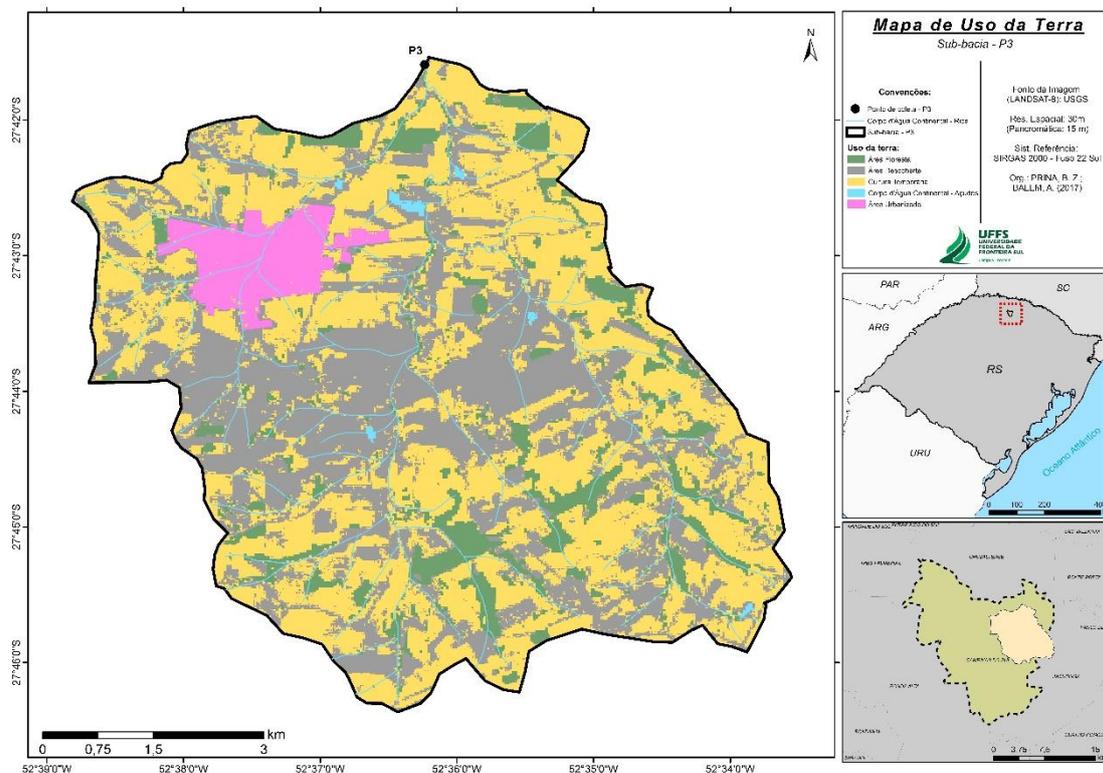
Usos do Solo	Área da sub-bacia de contribuição	
	ha	%
Cultura Temporária	797,07	44,33
Área descoberta	787,65	43,81
Área florestal	211,58	11,77
Área Urbanizada	0	0
Corpos d'água continental	1,62	0,09
TOTAL	1796,30	100,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2017

7.1.3 Sub-bacia P3

Para esta área de estudo, o limite total da bacia corresponde à área total de influência para a estação amostral, o que inclui as sub-bacias P1 e P2. Subentende-se então que essa seria a área mais prejudicada, pois sua região de influencia é bem maior, o que explica o fato do IQA ter apresentado os menores valores para todas as coletas neste ponto.

Figura 6: Mapa de Uso e Ocupação da Terra Sub-bacia de contribuição P3.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Tabela 4: Áreas em hectares e em porcentagem das classes de uso e ocupação do solo para a sub-bacia P3.

Usos do Solo	Área da sub-bacia de contribuição	
	ha	%
Cultura Temporária	2273,99	47,92
Área descoberta	1757,92	37,05
Área florestal	478,68	10,09
Área Urbanizada	221,68	4,67
Corpos d'água continental	13,05	0,28
TOTAL	4745,32	100

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Em todas as áreas de contribuição observa-se a predominância de usos respectivos a culturas temporárias, ou seja, áreas de cultivo agrícola e agropecuária, totalizando praticamente metade da extensão total nas três sub-bacias. Outra classe que se destaca é a de área descoberta ou exposta, onde grande parte das áreas classificadas como tal também são de cultivo agrícola, porém em estágio inicial ou que ainda não foi realizado plantio, por consequência foram classificadas como solo exposto. Estas duas classes juntas representam quase 85% de toda a área estudada.

A cobertura de vegetação arbórea, notoriamente formada por fragmentos florestais e representada pela classe de área florestal, representa 10,09% da área total estudada, indicando um elevado grau de desmatamento e fragmentação florestal, reflexo do modelo agrícola adotado e sugerindo um provável descumprimento da legislação vigente quanto a preservação das áreas naturais.

A bacia de contribuição do ponto P3 é a maior das sub-bacias estudadas e sofre influência de todas as atividades ocorridas ao longo das sub-bacias do P1 e P2. A área urbana encontra-se presente neste limite, representando 4,67% da sua área total. Por ser a maior das bacias de contribuição, a avaliação da qualidade dos corpos hídricos e sua relação com o uso da terra se torna mais complexa. A qualidade inferior obtida no resultado do IQA para o ponto localizado nesta sub-bacia é proveniente de toda contribuição que recebe a montante, intensificada pela presença de urbanização.

Com isso, a análise dos impactos negativos provenientes de ações antrópicas, através de estudos do uso e ocupação da Terra nas bacias hidrográficas, faz-se essencial para estimar a qualidade da água, levando em consideração a relação que existe nestes parâmetros.

7.2 PLUVIOMETRIA

Os dados de pluviometria dos anos de 2016, 2017 e 2018 de Campinas do Sul foram obtidos através da Cooperativa Tritícola de Erechim (COTREL). Estes dados se referem à precipitação total mensal e precipitação dos cinco dias que antecederam as datas das coletas (Tabela 5).

Tabela 5: Dados pluviométricos da cidade de Campinas do Sul-RS no período de análise (Novembro/16 – Fevereiro/17 e Novembro/17 - Fevereiro/18).

Amostragem	Data das Coletas	Pluviosidade mensal (mm)	Pluviosidade 5 dias antes da coleta (mm)
Primeiro	Novembro/16	91	3
Período de	Janeiro/17	225	33
Análise	Fevereiro/17	244	17
Segundo	Novembro/17	56,4	8
Período de	Janeiro/18	106,6	6
Análise	Fevereiro/18	57	2

Fonte: Adaptado de Cotrel, 2018.

7.3 AVALIAÇÃO DOS PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

Inúmeros parâmetros podem ser analisados para se avaliar a qualidade da água de um corpo hídrico, representando suas características químicas, físicas e microbiológicas, decorrentes de processos antrópicos ou de forma natural através da dissolução de compostos presentes no ambiente (GONÇALVES, 2009). A análise destes parâmetros, possui extrema importância na avaliação da qualidade da água de determinado ambiente (PEREIRA, 2015).

Entre os parâmetros analisados em todas as amostras coletadas, alguns apresentaram valores não condizentes com a legislação a qual foram comparados. Os valores obtidos para cada parâmetro analisado podem ser visualizados nas tabelas 6, 7 e 8, onde as medidas destacadas apontam a não conformidade à legislação.

Tabela 6: Resultados dos parâmetros do IQA para o mês de Novembro em todos os pontos de coleta do Rio Lajeado Ipiranga em Campinas do Sul – RS.

Parâmetro	Unidades	Valor máximo*	1º Período de Análise **			2º Período de Análise ***		
			P1	P2	P3	P1	P2	P3
Coliformes Fecais	NMP/100mL	<1000	240	≥1100	≥1100	290	240	460
DBO _{5,20}	mg.L ⁻¹	<5	3	5	2	3	5	8
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	<0,1	0,08	0,15	0,35	0,26	0,15	0,23
Nitrato	mg.L ⁻¹	<10	24,88	42,55	35,17	13,15	47,50	40,90
Nitrito	mg.L ⁻¹	<1	0,07	0,09	0,26	0,26	0,18	0,33
Nitrogênio Amoniacal	mg.L ⁻¹	3,7 ¹	0,09	0,16	0,18	0,09	0,04	0,13
Oxigênio Dissolvido	mg.L ⁻¹	>5	7,90	7,40	6,50	7,20	7,10	6,80
pH	Unidades de pH	6<pH<9	6,47	6,41	6,40	7,24	7,05	7,12
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	-	11000	3000	3000	940	1110	1010
Temperatura	°C	-	20,40	21,60	21,80	20,50	21,90	22,00
Turbidez	UNT	<100	0,21	0,23	0,40	7,00	3,60	6,50

*Valores máximos com base na Resolução CONAMA nº 357/2005. Artigo 15 – Classe 2.

**Amostragem realizada nos anos de 2016 e 2017.

***Amostragem realizada nos anos de 2017 e 2018.

¹Valores máximos permitidos pela legislação de Nitrogênio Amoniacal para ambientes com pH ≤ 7,5.

Tabela 7: Resultados dos parâmetros do IQA para o mês de Janeiro em todos os pontos de coleta do Rio Lajeado Ipiranga em Campinas do Sul – RS.

Parâmetro	Unidades	Valor máximo*	1º Período de Análise **			2º Período de Análise ***		
			P1	P2	P3	P1	P2	P3
Coliformes Fecais	NMP/100mL	<1000	240	240	1100	92	240	240
DBO _{5,20}	mg.L ⁻¹	<5	2	4	5	2	3	6
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	<0,1	0,07	0,54	0,22	0,01	0,01	0,05
Nitrato	mg.L ⁻¹	<10	17,28	44,04	38,91	6,38	44,37	33,19
Nitrito	mg.L ⁻¹	<1	0,04	0,16	0,26	0,07	0,10	0,22
Nitrogênio Amoniacal	mg.L ⁻¹	3,7 ¹	0,03	0,13	0,15	0,02	0,02	0,06
Oxigênio Dissolvido	mg.L ⁻¹	>5	7,60	7,40	7,30	7,00	7,00	6,80
pH	Unidades de pH	6<pH<9	6,47	6,40	6,40	7,36	7,22	7,12
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	-	940	1270	1200	730	1070	820
Temperatura	°C	-	20,30	20,80	21,60	20,60	19,60	19,90
Turbidez	UNT	<100	0,18	3,70	7,70	0,85	1,80	2,40

*Valores máximos com base na Resolução CONAMA n° 357/2005. Artigo 15 – Classe 2.

**Amostragem realizada nos anos de 2016 e 2017.

***Amostragem realizada nos anos de 2017 e 2018.

¹Valores máximos permitidos pela legislação de Nitrogênio Amoniacal para ambientes com pH ≤ 7,5.

Tabela 8: Resultados dos parâmetros do IQA para o mês de Fevereiro em todos os pontos de coleta do Rio Lajeado Ipiranga em Campinas do Sul – RS.

Parâmetro	Unidades	Valor máximo*	1º Período de Análise**			2º Período de Análise ***		
			P1	P2	P3	P1	P2	P3
Coliformes Fecais	NMP/100mL	<1000	150	1100	36	92	240	240
DBO _{5,20}	mg.L ⁻¹	<5	4	3	8	2	4	5
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	<0,1	0,03	0,05	0,25	0,01	0,01	0,05
Nitrato	mg.L ⁻¹	<10	3,63	26,03	23,61	5,42	13,97	12,71
Nitrito	mg.L ⁻¹	<1	0,07	0,12	0,81	0,07	0,09	0,49
Nitrogênio Amoniacal	mg.L ⁻¹	3,7 ¹	0,04	0,06	1,07	0,04	0,03	0,10
Oxigênio Dissolvido	mg.L ⁻¹	>5	7,60	7,50	7,10	7,00	7,10	7,40
pH	Unidades de pH	6<pH<9	6,61	6,58	6,37	6,93	7,14	7,21
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	-	670	890	810	880	1130	780
Temperatura	°C	-	21,50	20,90	22,10	23,00	22,90	22,80
Turbidez	UNT	<100	1,77	3,90	50	1,07	1,72	1,99

*Valores máximos com base na Resolução CONAMA nº 357/2005. Artigo 15 – Classe 2.

**Amostragem realizada nos anos de 2016 e 2017.

***Amostragem realizada nos anos de 2017 e 2018.

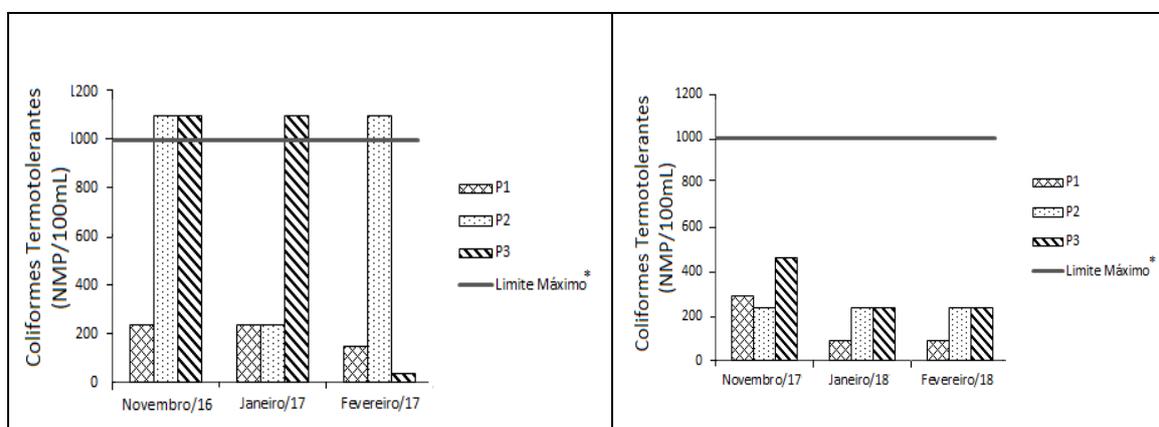
¹Valores máximos permitidos pela legislação de Nitrogênio Amoniacal para ambientes com pH ≤ 7,5.

Todos os parâmetros analisados foram avaliados individualmente e, além disso, foi feita a comparação entre a primeira e a segunda amostragem realizada. Isso está descrito nos itens a seguir.

7.3.1 Coliformes Termotolerantes

O aparecimento de grande quantidade de coliformes em rios indica a ocorrência de despejo de efluentes doméstico ou fezes de animais sem o devido tratamento (RAMOS, 2015). A presença de coliformes verificada neste estudo aponta a existência de patógenos na água.

Figura 7: Comparação entre os valores de Coliformes Fecais obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.



*Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Todas as amostras analisadas mostraram-se positivas para a presença de coliformes termotolerantes, porém, apenas no primeiro período de análise alguns valores obtidos encontraram-se acima dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 de 1.000 NMP/100 mL para rio Classe 2. A elevada concentração de coliformes encontrada pode estar relacionada com as maiores concentrações de chuvas nesses períodos, como pode ser visualizado na *Tabela 5*, carreando, assim, matéria orgânica e sedimentos para o rio aumentando também as concentrações de fósforo e turbidez.

Com relação aos coliformes termotolerantes, Medeiros et al. (2016), em sua pesquisa no Riacho da Bica-RN, encontraram valores mais significativos em épocas de elevada pluviosidade do que em épocas de seca, constatando a que as chuvas intervêm significativamente nas concentrações deste parâmetro.

Percebe-se que, para todas as análises realizadas, P1 apresentou valores baixos para coliformes, o que era de se esperar, tendo em vista que este ponto localiza-se em uma nascente

do rio, estando afastado de qualquer fonte antrópica deste tipo de contaminação. Batista e Fucks (2012), em seu estudo, também encontraram valores menores para coliformes na nascente do Arroio Pessegueirinho em Santa Rosa-RS, quando comparados aos valores encontrados nos demais pontos analisados.

Quando comparadas os dois períodos de coletas, nota-se uma grande redução nos valores encontrados no 2º período de análise, ficando todos bem abaixo do limite estipulado pela Resolução CONAMA 357/05.

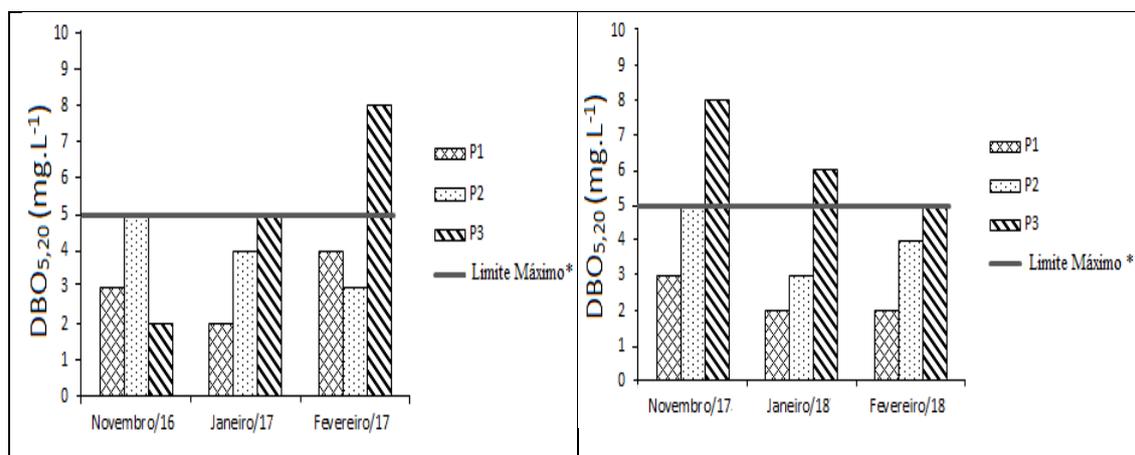
7.3.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

A DBO representa a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica presente no corpo d'água. A DBO_{5,20} é tida como a quantidade de oxigênio consumido em um período de cinco dias a uma temperatura de 20°C. Quando ocorre elevação em seus níveis o oxigênio dissolvido acaba diminuindo.

A carência de vegetação ciliar agrava os impactos causados pelo carreamento de partículas em direção ao corpo hídrico, o que resulta na degradação da qualidade das suas águas, casando assoreamento e mortalidade de organismos aquáticos devido a elevação na DBO e decorrente diminuição nos níveis de Oxigênio dissolvido (DE FREITAS, 2015).

Os valores obtidos para DBO em todas as amostras analisadas podem ser visualizados na figura 8.

Figura 8: Comparação entre os valores de DBO obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.



*Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Pode-se perceber que no primeiro período de análise, para o mês de novembro, apenas o P2, situado no curso intermediário do rio apresentou valor mais elevado enquanto que para

os meses de Janeiro e Fevereiro os maiores valores foram registrados no P3 os, estando apenas o P3 de Fevereiro em desacordo com a legislação.

Já durante todo o 2º período de análise em todos os meses avaliados o P3 apresentou os valores mais elevados para $DBO_{5,20}$, não atendendo ao estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 que define um limite de até 5 mg.L^{-1} de DBO para rios classe 2. Salienta-se que o P3 é o ponto localizado mais a jusante do rio, cruza boa parte do perímetro da cidade, sofrendo maior interferência do meio agrícola e também urbano.

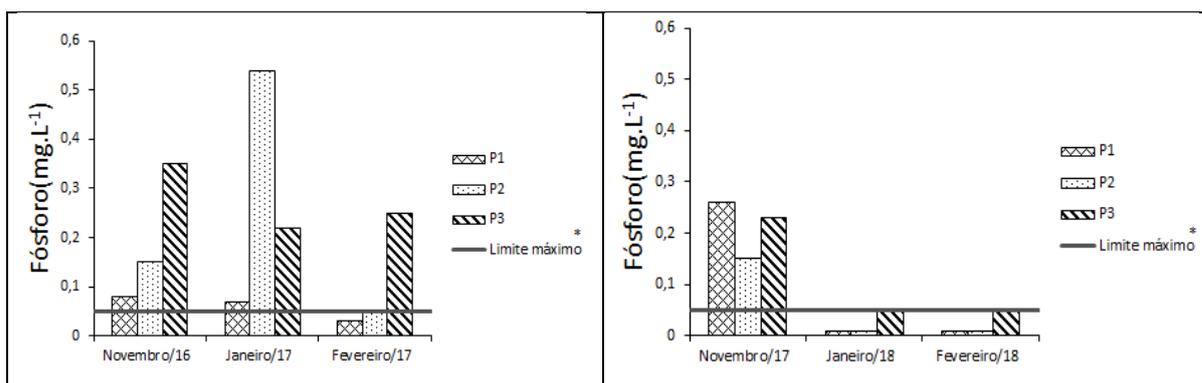
Analisando a água do Ribeirão São João em Porto Nacional – TO, Carvalho et al. (2016), encontraram valores de DBO entre $0,61$ a $3,99 \text{ mg.L}^{-1}$, já Medeiros et al. (2016), em seu estudo no Riacho da Bica, Portalegre - RN, obtiveram resultados muito maiores, entre $7,94 \text{ mg.L}^{-1}$ em época de chuvas e $24,49 \text{ mg.L}^{-1}$ em período de estiagem. Os valores encontrados por Rabelo et al (2015), avaliando a qualidade da água de córregos urbanos de Presidente Prudente-SP, variaram bastante entre seus pontos de coleta, de $0,58 \text{ mg.L}^{-1}$ chegando até 158 mg.L^{-1} em um local onde é feito o despejo de efluente sem o devido tratamento.

7.3.3 Fósforo

Na água, o Fósforo pode aparecer como polifosfato, ortofosfato ou fósforo orgânico. É necessário para o desenvolvimento de algas e microrganismos limitando a ocorrência de vários processos biológicos, porém, em elevada quantidade, causa a eutrofização. As principais fontes naturais deste elemento são a dissociação de compostos do solo, degradação da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais, fertilizantes e dejetos de animais (DA ROCHA, 2016).

Os resultados obtidos para as análises de Fósforo Total estão representados na figura 9:

Figura 9: Comparação entre os valores de Fósforo obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.



*Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Percebe-se que nos dois períodos de análise foram obtidos valores elevados para este parâmetro, alguns inclusive 10 vezes maiores do que o permitido pela legislação. No primeiro período de análise os maiores valores foram registrados para P2 e P3 em todos os meses analisados. No segundo período de análise destacam-se todas as amostras coletadas no mês de novembro por possuírem valores bem elevados até cinco vezes superior ao limite máximo permitido para rios Classe 2 (BRASIL, 2005). A justificativa para esta elevação verificada do mês de Novembro/17 para todas as estações amostrais pode ser decorrente de fortes chuvas registradas no dia anterior a coleta, como pode ser visualizado na *Tabela 5*, e isso pode ter contribuído no carreamento de partículas para o meio, sendo que se trata de região predominantemente agrícola.

Carvalho (2017), analisando a água do Ribeirão São João, em Porto Nacional – TO, encontrou concentrações que apresentaram elevadas oscilações de valores, chegando a 1,7 mg.L⁻¹ em sua pesquisa realizada no mês de Março de 2016 e 0,01 mg.L⁻¹ no mês de Dezembro de 2015. Condo (2016), também encontrou valores elevados, chegando a 0,50 mg.L⁻¹ de fósforo em análises de água do ribeirão Taquaruçu, localizada no município de Palmas-Tocantins para sua pesquisa realizada no ano de 2014.

Condo (2016), afirma que o tipo de solo de determinada região pode influenciar na qualidade da água devido a incorporação e liberação do fósforo presente nos sedimentos. Elevadas concentrações de fósforo também podem ser encontradas em ambientes próximos a áreas agrícolas, de abatedouros de animais e também relacionadas a despejos domésticos e carreamento superficial (CARVALHO, 2017).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que, para corpos hídricos de Classe 2, a concentração máxima permitida de fósforo total é de até 0,05 mg.L⁻¹ (BRASIL, 2005). Dessa forma, para a coleta 1, apenas os pontos P1 e P2 no mês de fevereiro apresentaram concentrações satisfatórias, enquanto que na coleta 2 todos os pontos analisados em janeiro e fevereiro apresentaram valores que estão dentro do permitido pela legislação.

7.3.4 Nitrato

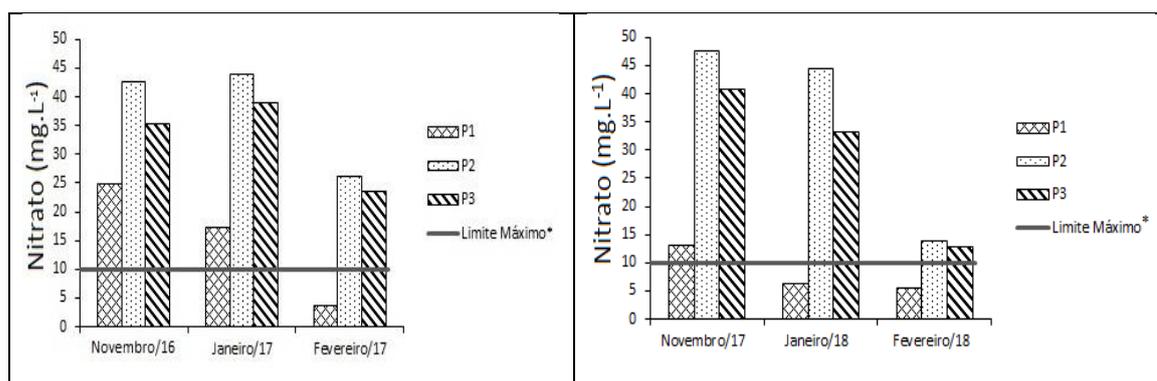
Os diferentes usos da do solo interferem na concentração e nas distintas formas de nitrogênio presentes em ambientes aquáticos. Isso se dá, sobretudo, pela facilidade com que o íon nitrato se movimenta pelo solo (CONDO, 2016).

Sua presença em águas naturais acontece devido a decomposição de rochas, através de locais de drenagem e pela deterioração de matéria orgânica. Seus níveis se elevam quando ocorre lançamento de efluentes. Em elevadas concentrações podem ser tóxicos ao homem (CONDO, 2016).

O nitrato é uma substância que possui relevância, da mesma forma que o fósforo, no desenvolvimento de plantas aquáticas, contudo, quando encontrado em altas concentrações causa a eutrofização do corpo d'água, indicando que há contaminação por despejos domésticos ou industriais (DA ROCHA, 2016). A presença de nitrato nas águas é um indicativo de poluição remota.

Para este estudo, os valores de nitrato encontrados nas análises realizadas estão representados na figura 10:

Figura 10: Comparação entre os valores de Nitrato obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.



*Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA n° 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Pode perceber, analisando os valores obtidos em todas as coletas realizadas, que os valores de nitrato encontrados não foram satisfatórios. A grande maioria das análises realizadas apresentaram valores elevados para este parâmetro, alguns quase 5 vezes maiores do que o limite máximo estabelecido pela legislação.

Carreamento de partículas devido a contaminação difusa causada pelos adubos químicos ocasiona o aparecimento de compostos nitrogenados no meio aquático, ocorrendo, principalmente, em períodos chuvosos, onde o nitrato consegue se transformar em nitrogênio pela ação de microrganismos (RAMOS, 2015).

Marmontel e Rodrigues (2015), analisando a água das nascentes da sub-bacia do Córrego Pimenta, afluente do Rio Paraíso em São Manuel – SP, encontrou valores elevados de nitrato, que foi ocasionado pelo uso de fertilizantes e falta de vegetação no entorno, pois

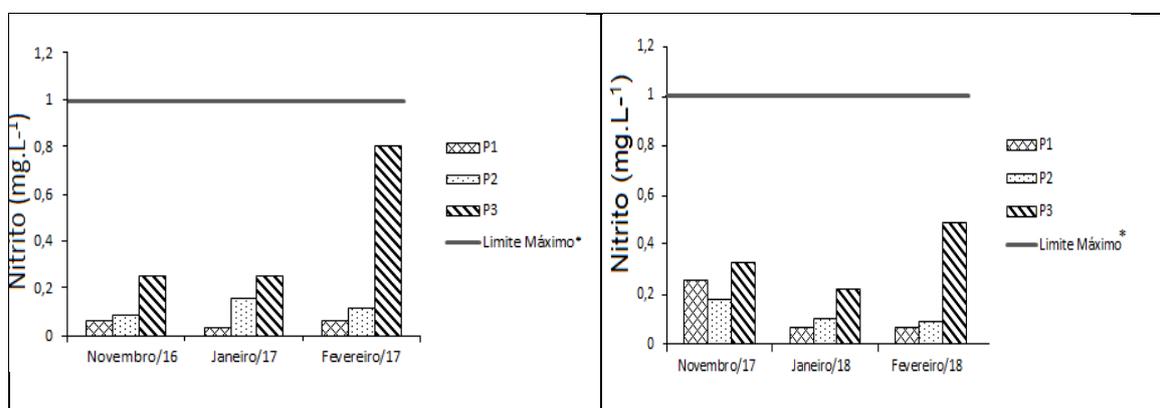
segundo este mesmo autor, ambientes com presença de mata ciliar possuem água com mínimas concentrações de nitrato, pois esse elemento é empregado em processos de desnitrificação pela vegetação. Alves (2008), avaliando a qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá-PR, encontrou valores de nitrato superiores ao limite indicado pela legislação em todos os pontos de sua coleta realizada nos meses de Maio e Junho de 2008 devido ao despejo doméstico.

No âmbito legislativo, a Resolução CONAMA nº 357/2005 define um limite de até 10 mg.L⁻¹ de Nitrato para águas classe 2, então, para os pontos analisados, somente P1 apresentou-se dentro destes limites em Fevereiro na coleta 1 e em Janeiro e Fevereiro na coleta 2.

7.3.5 Nitrito

Em ambientes aquáticos, o nitrogênio pode aparecer nas formas de nitrogênio orgânico, amônia, nitrato e nitrito (CONDO, 2016). O nitrito advém da redução do nitrato e oxidação da amônia. Comumente aparece em pequenas quantidades, por causa da instabilidade devido a presença de OD, indicando contaminação por matéria orgânica e o fato de que processos biológicos estão ativos (CARVALHO, 2017).

Figura 11: Comparação entre os valores de Nitrito obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.



*Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Analisando os resultados obtidos percebe-se que as maiores concentrações de nitrito foram encontradas no P3 de todas as amostras analisadas. Mesmo assim, todos os pontos apresentaram valores condizentes com a legislação, que estabelece um limite máximo de 1mg/l de nitrito para corpos d'água classe 2.

De Freitas (2015), em suas análises na bacia de contribuição da represa de São Pedro em Juiz de Fora – MG, encontrou valores bem baixos para esse parâmetro nas análises

realizadas, obtendo valor máximo de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ de nitrito na represa estudada enquanto que para Marmontel e Rodrigues (2015), em suas análises das nascentes do Córrego Pimenta, o maior valor encontrado para nitrito foi de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, também bem abaixo do limite estabelecido pela legislação, indicando uma melhor qualidade no corpo d'água.

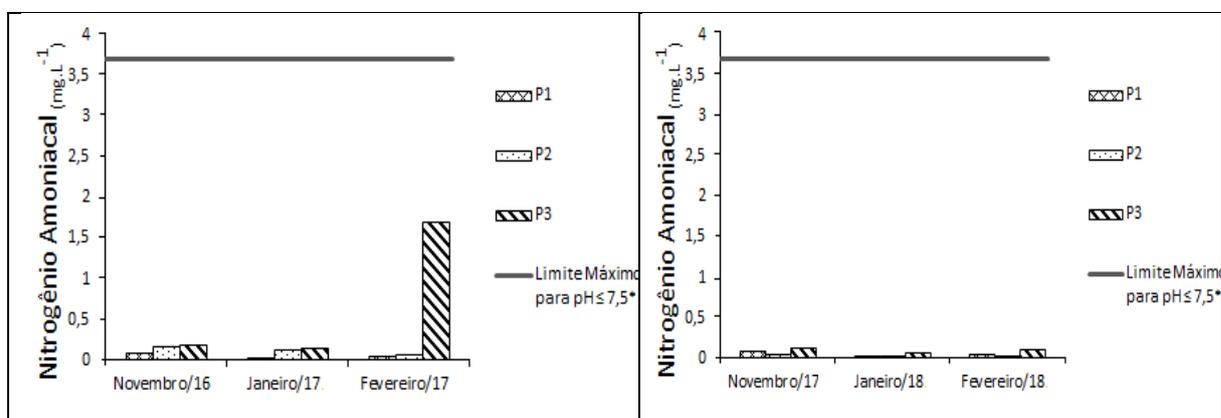
7.3.6 Nitrogênio Amoniacal

A amonificação é o processo da formação da amônia através da deterioração da matéria orgânica por microrganismos. Despejos domésticos e industriais, além da agricultura, originam contaminação por esse elemento nos ambientes aquáticos. Elevadas concentrações de amônia fazem com que diminua o OD, ocasionando morte dos organismos aquáticos (DELLAGIUSTINA, 2000).

A amônia presente nos efluentes resulta da urina, na forma de ureia, bem como na agricultura, onde a ureia é comumente utilizada como fertilizante além de ser liberada na decomposição das fezes dos animais (DELLAGIUSTINA, 2000). Apresenta-se como uma forma reduzida do nitrogênio e indica poluição que ocorreu recentemente no ambiente aquático (ALVES, 2008). O nitrogênio amoniacal apresenta-se como a forma mais reduzida do nitrogênio e, na decomposição da matéria orgânica, é a primeira substância a ser liberada (GONÇALVES, 2009).

Os resultados obtidos nas análises realizadas para nitrogênio amoniacal estão representados na figura 12.

Figura 12: Comparação entre os valores de Nitrogênio Amoniacal obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.



*Limite Máximo de acordo com a Resolução CONAMA n° 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Pode-se perceber que os valores obtidos para estas análises, em ambas as coletas, não se apresentaram elevados, mantendo-se muito abaixo do limite máximo estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 que é de $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$ para ambientes com $\text{pH} \leq 7,5$.

Apenas P3 no mês de Fevereiro/16 (1º período de análise) mostrou-se um pouco mais elevado o que pode ter ocorrido devido às fortes chuvas registradas nesse período, como pode ser visto na *Tabela 5* e por esse ponto sofrer influência da área urbana do município, como pode se ver na *Figura 6*, onde certamente ocorre lançamento de efluente sem tratamento. Segundo Dellagiustina (2000), despejos domésticos e industrial além da contaminação agrícola são grandes responsáveis pela presença de amônia nos corpos d'água.

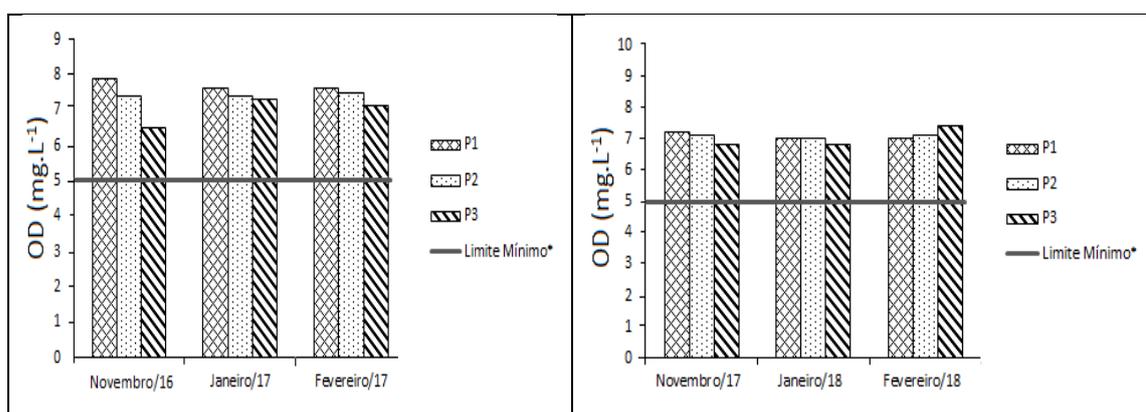
De Freitas (2015), avaliando a qualidade da água da bacia de contribuição da represa de São Pedro em Juiz de Fora – MG, obteve valores de nitrogênio amoniacal bem abaixo do limite estabelecido pela legislação, encontrando valor máximo de $0,25 \text{ mg.L}^{-1}$. Alves (2008), também encontrou valores mínimos para nitrogênio amoniacal em sua pesquisa na bacia do rio Pirapó, Maringá - PR, variando de 0,00 até $0,239 \text{ mg.L}^{-1}$.

7.3.7 Oxigênio dissolvido

O OD é fundamental para a vida dos organismos aeróbios. Em circunstâncias normais, a água apresenta um certo teor de OD, o qual está relacionado com a altitude do local e a temperatura. Níveis baixos de oxigênio dissolvido apontam presença de matéria orgânica em decomposição (DE JESUS; SOUZA, 2013).

Na água, é o gás que possui maior relevância na manutenção da vida aquática, influenciando o metabolismo microbiano e biodegradação de matéria orgânica (RAMOS, 2015). Baixos níveis de OD podem estar relacionados com a elevação na temperatura, devido a aceleração das reações metabólicas dos organismos, com isso consumindo mais OD.

Figura 13: Comparação entre os valores de OD obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.



*Limite Mínimo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Em todas as amostras analisada os níveis de OD apresentaram-se acima do limite estabelecido pela legislação CONAMA nº 357/2005 que é de no mínimo 5 mg.L⁻¹ de OD, mostrando-se um ambiente relativamente bem oxigenado.

Da Rocha (2016), avaliando a qualidade da água no Rio Parnaíba na zona urbana de Teresina-PI, também encontrou valores satisfatórios para este parâmetro em sua pesquisa, onde todos os pontos analisados tiveram níveis de OD acima do limite permitido pela legislação, indicando que o ambiente proporciona condições de manutenção da vida aquática. Guimarães (2014), em suas análises na Bacia do Alto Gurguéia e sub-bacia do rio contrato, Piauí, obteve significativas diferenças nos valores de OD encontrados em seus pontos de coleta, onde obteve média de 4,8 mg.L⁻¹ para o período seco e 5,6 mg.L⁻¹ para o período de chuvas.

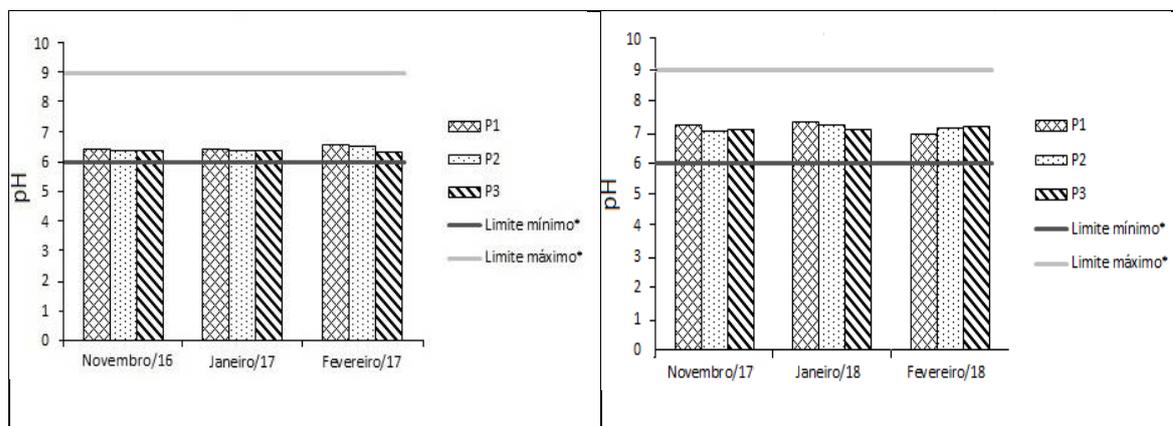
Gonçalves (2009), obteve valores de OD que variaram de 6 a 7 mg.L⁻¹, não havendo diferenças significativas entre as análises realizadas em 2007 e 2008 no Rio Uberabinha, Uberlândia - MG. Dourado (2008), também obteve valores satisfatórios de oxigênio dissolvido em sua pesquisa na Bacia do Ribeirão São João, Tocantins, relatado que o ambiente estudado possui boa oxigenação e condições de manter a vida aquática.

7.3.8 pH

O valor de pH possui um importante crédito no cálculo do IQA por deter um dos pesos maiores neste cálculo. É alterado naturalmente, devido as oscilações de decomposição da matéria orgânica e variações na temperatura. As medidas do pH têm relação com as condições naturais do ambiente, como o intemperismo das rochas, decomposição da matéria orgânica, captação dos gases atmosféricos e também por intervenções antrópicas no meio (GUIMARÃES, 2014).

Os valores de pH obtidos para os pontos estudados estão apresentados na Figura 14:

Figura 14: Comparação entre os valores de pH obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.



*Limites Mínimo e Máximo de acordo com a Resolução CONAMA nº 375/2005.

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A determinação do pH nos pontos amostrados apresenta proximidade à alcalinidade para ambas as coletas. Os valores obtidos para o segundo período de análise apresentaram-se levemente superiores aos do primeiro período de análise, mas todos ficaram entre a faixa adequada segundo a legislação, que é de 6,0 a 9,0 unidades de pH.

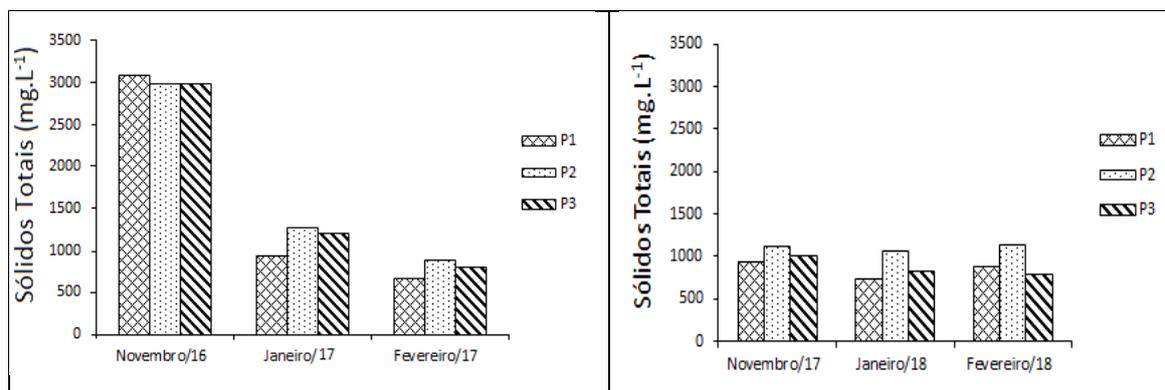
Dourado (2008), afirma que em épocas de maior precipitação ocorre redução no pH nos corpos d'água devido a elevação das concentrações de CO₂ presente na água, que é carregado do solo e atmosfera juntamente com substâncias orgânicas.

Segundo Guimarães (2014), o pH de águas superficiais comumente varia de 6,0 a 8,5, onde este intervalo é perfeito para que os organismos aquáticos se mantenham vivos.

7.3.9 Sólidos Totais

A determinação dos sólidos existente em um corpo hídrico é um importante instrumento que permite fazer a caracterização e monitoramento da poluição causada neste ambiente. Pode ocorrer a sedimentação dos sólidos totais no ambiente aquático, causando acúmulo de bactérias e interferindo na reprodução de organismos (FERNANDES, 2011).

Figura 15: Comparação entre os valores de Sólidos Totais obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A resolução CONAMA 357/2005 não apresenta limite para este parâmetro, contudo, sua determinação é essencial para a análise do índice de qualidade da água.

O escoamento superficial acaba resultando na quantidade de sólidos totais presentes nos corpos d'água, proveniente de regiões predominantemente antrópicas, com grande quantidade de solo exposto, além do aporte do lançamento de efluentes nesses ambientes (GUIMARÃES, 2014). Áreas de solo exposto são as principais causas de erosão e consequente aumento dos sólidos e da turbidez nos corpos d'água (FERNANDES, 2011).

Os valores obtidos nas análises realizadas neste trabalho foram muito elevados quando comparados aos obtidos por De Freitas (2015), em sua coleta na Bacia de Contribuição da Represa de São Pedro, Juiz de Fora - MG, onde o máximo valor obtido foi de 194 mg/l e com os valores encontrados por Alves (2008), na bacia do rio Pirapó, Maringá - PR, que variaram de 94 a 588 mg.L⁻¹. Muito provável que isso se deu devido a região ser predominantemente agrícola, com grandes áreas de solo exposto e pouca vegetação, o que contribui significativamente neste processo.

As maiores concentrações de sólidos totais encontradas por De Souza e Gastaldini (2014) se deram em áreas rurais, de agricultura e pouca vegetação nativa, com plantio muito próximo ao rio, elevando a capacidade do solo de erodir e ser carregado até o rio.

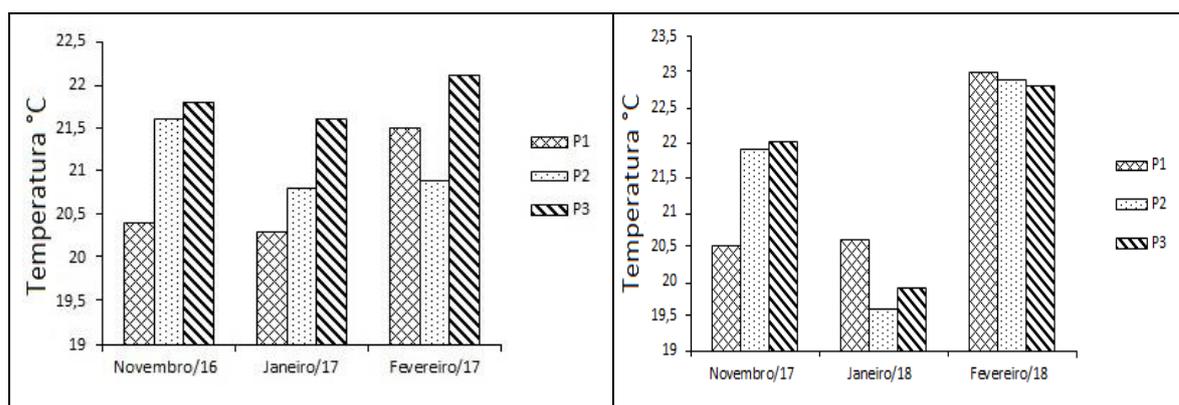
7.3.10 Temperatura

A Resolução CONAMA nº 357/05 não estabelece um limite para a temperatura, porém, para a qualidade da água este parâmetro possui grande importância pois. Segundo Gloria, Horn e Hilgemann (2017), aumentos na temperatura fazem com que ocorra uma aceleração nas reações biológicas e químicas, os gases se tornam menos solúveis elevando assim seus índices

de transferência, podendo ocasionar maus odores. Elevações na temperatura também fazem com que diminuam as concentrações de oxigênio dissolvido, gás carbônico e pH (DE JESUS; SOUZA, 2013).

Os valores obtidos para a temperatura em todos os pontos nas duas coletas podem ser visualizados na figura 16:

Figura 16: Comparação entre os valores de temperatura obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Não foram identificadas intensas variações na temperatura da água, as quais poderiam indicar ações antrópicas afetando o meio. Apenas observam-se pequenas variações na temperatura em ambas as coletas, sendo a temperatura mínima observada de 20,3 no P1 de Janeiro e máxima de 22,1 para o P3 de Fevereiro ambos no primeiro período de análise. Já para o segundo período, a temperatura mínima foi de 19,6°C para o P2 de Janeiro e máxima de 23°C para P1 de Fevereiro.

É normal ocorrerem alterações na temperatura, pois integram o regime climático, sendo que águas superficiais manifestam mudanças na temperatura ao longo do dia que também sofre influência devido a altitude, latitude e profundidade (GONÇALVES, 2009).

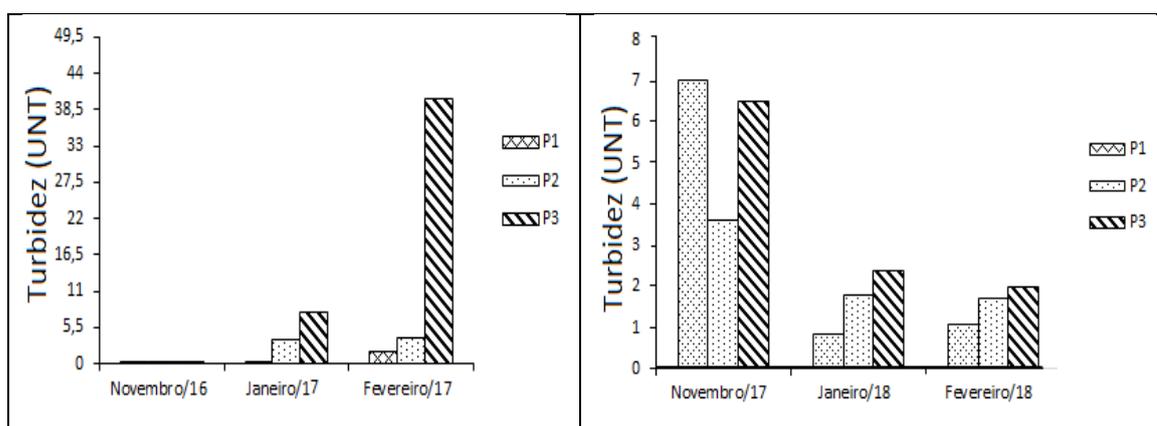
7.3.11 Turbidez

A Turbidez possui grande importância na determinação das características físicas de um corpo d'água e suas mudanças são claramente visíveis. Indicada pela ocorrência de sólidos suspensos que podem ser originários de fontes naturais através do carreamento de matéria orgânica e partículas de solo durante as chuvas ou antrópicas, pelo lançamento de efluentes e demais formas de poluição, ocasionando aspecto turvo à água (RIBEIRO, 2010).

Elevados índices de turbidez ocorrem devido a existência de elementos em suspensão, indicando possível aumento na poluição do corpo d'água. A turbidez faz com que diminua a passagem dos raios solares pela água, limitando a fotossíntese e, com isso, restringe a quantidade de oxigênio presente no meio (GONÇALVES, 2009).

Os valores obtidos para as amostras analisadas podem ser visualizados na figura 17:

Figura 17: Comparação entre os valores de Turbidez obtidos nos pontos de coleta para o primeiro e segundo período de análise.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Observa-se, para as análises realizadas, significativas alterações nos valores encontrados para turbidez, sendo que no primeiro período de análise, para o mês de Novembro obteve-se valor médio de 0,28 UNT, valor esse bem inferior aos meses de Janeiro e Fevereiro que apresentaram valores mais elevados, ficando as médias em 3,86 e 35,22 UNT respectivamente, essa elevação pode ter ocorrido devido a precipitação que foi mais intensa nesses dois meses, como pode ser visto na *Tabela 5*.

Segundo Ribeiro (2010), em épocas de maior precipitação verifica-se os maiores valores de turbidez, que são mais elevados também em regiões de intenso uso do solo. Rabelo (2015), em seu estudo realizado em córregos urbanos no município de Presidente Prudente-SP, também encontrou variações significativas nos valores obtidos para este parâmetro que variaram de 0,10 até 1.000 UNT, sendo que os valores mais elevados foram obtidos em pontos onde havia ocorrido precipitação no dia anterior a coleta.

Para o P3 no mês de fevereiro/16 (1º período de análise) obteve-se valor de turbidez de 40 UNT, valor esse muito distante dos obtidos para os demais pontos analisados. Isso talvez tenha ocorrido por possível erro no equipamento de medição, sendo que a amostra visualmente não apresentava aspecto tão desigual as demais.

Já para a coleta 2 obtiveram-se valores médios de 5,70 UNT para o mês de novembro, 1,68 UNT para o mês de janeiro e 1,59 UNT para o mês de fevereiro.

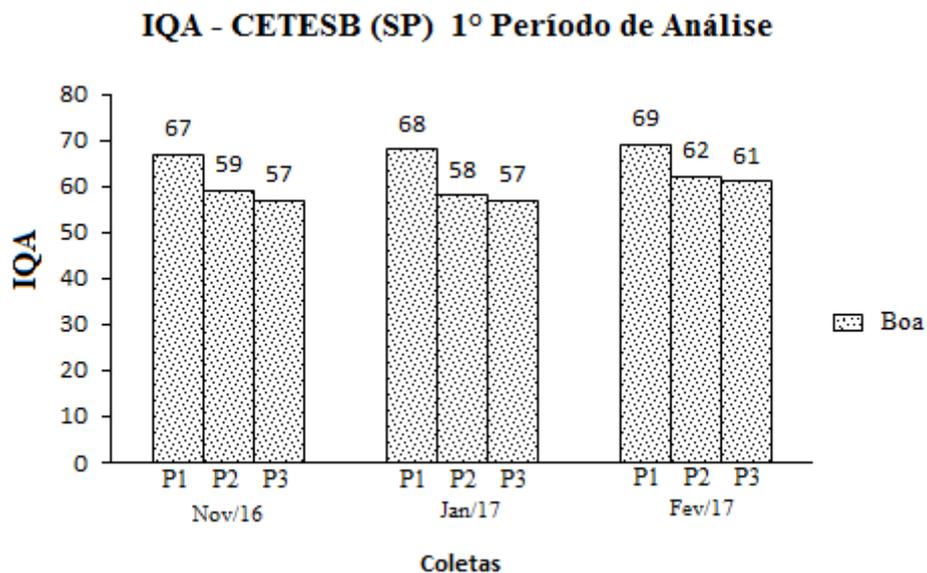
A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece limite máximo de 100 UNT para corpos hídricos de Classe 2. Desta forma, pode-se afirmar que os níveis de turbidez de todas as amostras analisados atendem a legislação.

7.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Após realizadas as análises de todos os parâmetros foi possível de se obter o índice de qualidade da água para todos os pontos amostrados em ambos os períodos de análise, cuja metodologia utilizada está descrita no item 6.5 deste trabalho. A classificação foi feita de acordo com a CETESB-SP e FEAM-MG.

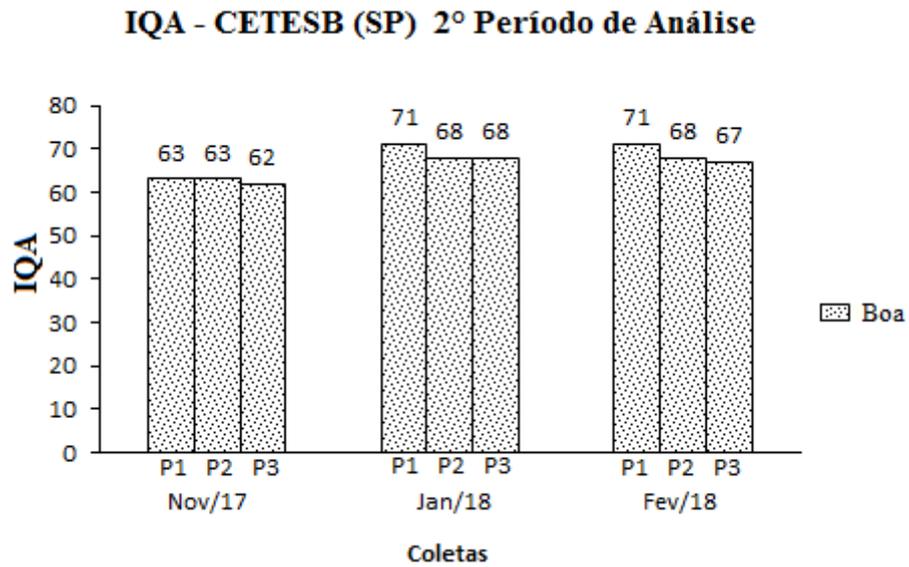
As figuras 18 e 19 apresentam os resultados do IQA para os três pontos analisados no primeiro e segundo período de análise de acordo com a CETESB-SP.

Figura 18: Índice de qualidade da água para todos os pontos analisados no Primeiro período de Análise conforme a CETESB-SP.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

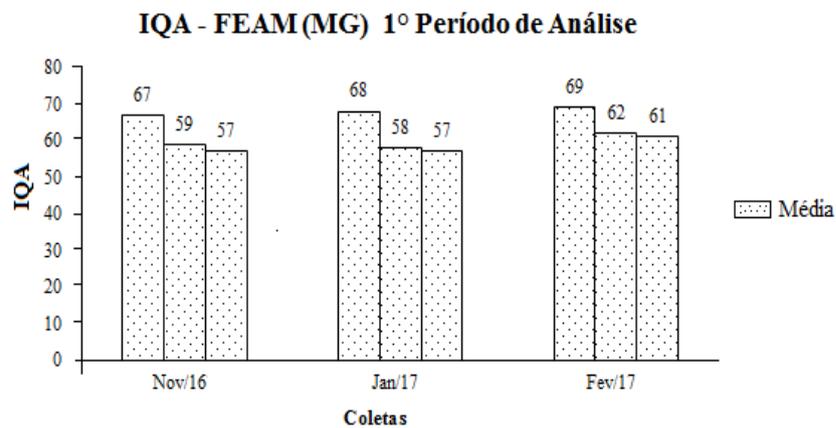
Figura 19: Índice de qualidade da água para todos os pontos analisados no Segundo Período de Análise conforme a CETESB-SP.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

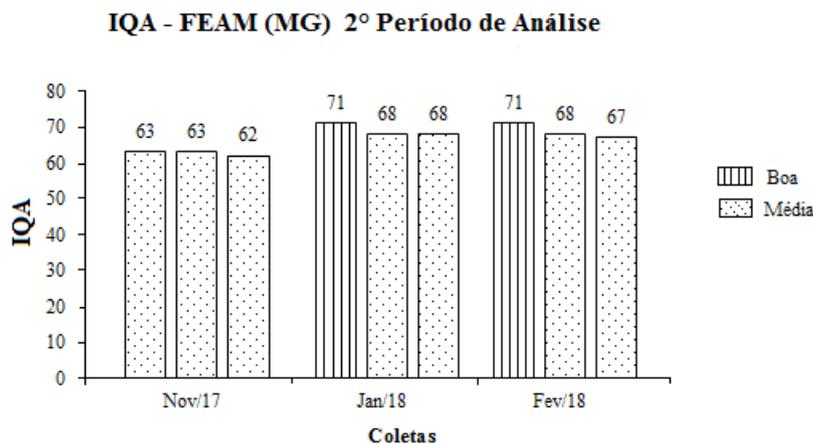
Já as figuras 20 e 21 apresentam os resultados do IQA para os três pontos analisados no primeiro e segundo período de análise de acordo com a FEAM-MG.

Figura 20: Índice de qualidade da água para todos os pontos analisados no Primeiro Período de Análise conforme a FEAM-MG.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Figura 21: Índice de qualidade da água para todos os pontos analisados no Segundo Período de Análise conforme a FEAM-MG.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Os cálculos do IQA possibilitaram a obtenção de uma perspectiva geral e de simples entendimento acerca da qualidade da água nos pontos amostrados, devido a junção de todos os parâmetros analisados e originando um único valor, tornando-se de fácil compreensão.

Para ambas as coletas todos os pontos apresentaram classificação como sendo de boa qualidade conforme as classificações da CETESB-SP.

Pode-se observar que houveram poucas variações nos valores de IQA individuais de cada ponto quando comparados os dois períodos e que para todas as coletas P1 apresentou os maiores valores de IQA, seguido pelo P2 e o P3 apresentou os menores valores.

Porém, quando as mesmas amostras foram analisadas pelo IQA FEAM-MG a grande maioria foi classificada como sendo de qualidade média, destacando-se apenas P1 de Janeiro e Fevereiro, do segundo período amostral, como sendo de boa qualidade. Isso se deu devido as faixas de classificação da FEAM-MG serem mais restritas do que as da CETESB-SP.

Cada ambiente detém suas próprias particularidades, bem como os corpos d'água, fazendo com que não seja fácil definir uma só variável para representá-los. Assim, utilizam-se índices de qualidade da água juntamente com mapeamento do uso da Terra como meio de acompanhamento da situação de determinado corpo hídrico no decorrer do tempo (GUIMARÃES, 2014).

Porém, a avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, como pode ser visto nos resultados obtidos para os parâmetros analisados, onde vários parâmetros aparecem em desacordo com a legislação, muito acima do limite estabelecido pela mesma, porém o IQA, para todos os pontos, foi classificado como sendo de boa qualidade. Por isso a importância de avaliar cada parâmetro individualmente.

7.5 TESTES DE TOXICIDADE

7.5.1 Toxicidade Aguda

O teste agudo foi realizado para todas as amostras do primeiro período amostral, totalizando nove amostras, onde foram utilizadas quatro diluições e dois Controles Negativo, sendo com a amostra de água bruta (100%) e as diluições correspondentes à 50%, 25% e 12,5%. O teste agudo pode ser visualizado na figura 20:

Figura 22: Representação de teste de toxicidade aguda em execução.



Fonte: Elaborado pela autora, (2017).

Ao final dos testes de toxicidade aguda percebeu-se a ausência de toxicidade para todas as amostras analisadas.

Maluf (2008), analisando a água do córrego da sub-bacia da UFSC em Florianópolis-SC também encontrou ausência de toxicidade para as amostras analisadas.

7.5.2 Toxicidade Crônica

Frente a não constatação de efeitos de toxicidade aguda, optou-se por estudar a manifestação de efeitos de toxicidade crônica.

Para este trabalho, foi realizado teste de toxicidade crônica apenas para as amostras coletadas no primeiro período de análise na estação amostral P3, ponto mais afastado da nascente, sob maior influência do meio. Para este teste, tal como no agudo, foram realizadas

quatro diluições e também o Controle Negativo, com 10 réplicas cada, sendo uma amostra de água bruta (100%) e diluições de 50%, 25% e 12,5% da amostra. O teste crônico pode ser visualizado na figura 21.

Figura 23: Representação de teste de toxicidade crônica em execução.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

No teste de toxicidade crônica realizado neste trabalho, foi verificada a longevidade, o crescimento e a reprodução dos indivíduos. Os resultados obtidos no teste de toxicidade crônica estão apresentados na Tabela 9:

Tabela 9: Resultado do teste de toxicidade crônica.

Amostra	Concentração (%)	Longevidade: sobreviventes (%)	n	Reprodução: Filhotes/posturas	n	Crescimento	n
P3 (NOV.)	Controle Negativo	100	10	4.5 ± 1.30	10	3.5 ± 0.21	10
	100%	100	10	5.2 ± 1.10	10	3.4 ± 0.16	10
	50%	100	10	3.7 ± 0.86	10	3.4 ± 0.22	10
	25%	100	10	4.1 ± 0.96	9	3.5 ± 0.28	10
	12,5%	100	10	5.0 ± 1.60	10	3.6 ± 0.27	10
CEO (%)		Sem Efeito		Sem Efeito		Sem Efeito	
CENO (%)		100%		100%		100%	
P3 (JAN.)	Controle Negativo	90	10	4.70 ± 1.20	10	3.40 ± 0.18	9
	100%	100	10	4.50 ± 0.87	10	3.50 ± 0.18	10
	50%	90	10	5.20 ± 0.86	9	3.80 ± 0.11***	9
	25%	100	10	4.80 ± 1.20	10	3.60 ± 0.27	10
	12.5%	90	10	4.50 ± 1.00	10	3.60 ± 0.21	9
CEO (%)		Sem Efeito		Sem Efeito		50%	
CENO (%)		100%		100%		100%	
P3 (FEV.)	Controle Negativo	100	10	5.70 ± 0.93	9	3.70 ± 0.19	10
	100%	80	10	6.80 ± 1.20	8	3.40 ± 0.19	8
	50%	90	10	6.10 ± 1.30	9	3.40 ± 0.21*	9
	25%	60*	10	5.90 ± 2.30	6	3.30 ± 0.27*	6
	12.5%	100	10	6.60 ± 3.00	10	3.40 ± 0.16	10
CEO (%)		25%		Sem Efeito		25%	
CENO (%)		100%		100%		100%	

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Para este teste, foi obtida uma CENO de 100%, constatando-se que a concentração de 100% de água (amostra bruta) não causou efeito tóxico crônico aos indivíduos. Não foram identificados efeitos de toxicidade crônica, uma vez que a amostra bruta não teve efeito. Desse modo, não se leva em consideração os valores obtidos para CEO.

A resolução CONAMA nº 357/2005 traz em seu artigo 14 que para ser classificada como Classe 2 a água não deve apresentar efeito tóxico crônico a organismos. Assim, pôde-se constatar a não ocorrência de toxicidade aguda em todas as amostras de água estudadas, podendo-se assegurar o cumprimento à esta Resolução.

8 CONCLUSÃO

O uso da Terra causa influência direta sobre a qualidade das águas superficiais. A sub-bacia estudada demonstrou sofrer elevada intervenção antrópica, com grande percentual de solo exposto e pouca vegetação o que contribuiu de forma negativa para a qualidade de alguns parâmetros analisados.

Apesar de o IQA CETESB-SP conseguir classificar as águas em todos os pontos analisados como sendo de boa qualidade, ficou observado que os parâmetros coliformes termotolerantes, fósforo total, nitrato e DBO ficaram muito acima dos limites permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para ambientes classe 2, em alguns dos pontos analisados, não podendo, dessa forma, enquadrar o rio nesta classe.

O IQA demonstrou a diminuição da qualidade de água com o aumento da distância em relação à nascente do rio.

A utilização exclusiva do IQA não pode servir como único parâmetro para a determinação da qualidade da água de um determinado ambiente, pois apresenta limitações.

De forma geral, constatou-se pequena elevação nos níveis de DBO_{5,20}, presença de grande quantidade sólidos totais, elevada concentração de fósforo total e nitrato, além dos coliformes termotolerantes que estiveram presentes em todas as amostras de água analisadas, algumas em concentrações muito elevadas ao longo do curso do rio. Estes parâmetros em conjunto demonstraram a deterioração da qualidade das águas deste rio.

Quanto aos testes de toxicidade aguda para *Daphnia magna* realizados concluiu-se que: Os testes de toxicidade aguda realizados em todos os pontos de coleta para o primeiro período de análise não apresentaram toxicidade para este organismo teste.

Quanto aos testes de toxicidade crônica para *Daphnia magna* concluiu-se que: Estes testes tiveram grande relevância, pois devido a sua realização ficou comprovado a não ocorrência de toxicidade crônica, possibilitando uma conclusão mais segura dos resultados obtidos em relação aos testes agudos.

No geral, pôde-se constatar como uma das maiores interferências nos resultados em desacordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 os índices pluviométricos, que foram elevados nos meses estudados, bem como o local de estudo, por ser no meio rural, fortemente influenciado pela agricultura e pecuária, onde ocorre a utilização de fertilizantes e defensivos, além da contaminação fecal.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Indicadores de qualidade - Índice de qualidade da água (IQA)**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn1>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- ALCÂNTARA, D. C. **Avaliação da qualidade da água em mananciais superficiais: estudos para criação de unidade de conservação em Itapema/SC**. 2010. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- ALMEIDA, J. C. de. **Avaliação do Índice de Qualidade da Água na lagoa dos Patos**. 2013. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.
- ALMEIDA, T. V. **Índice de Qualidade da Água e Coeficientes de Autodepuração de Trechos do Rio Pomba**. 2006. 99 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- ALVES, E. C. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12.713: **Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladocera, Crustacea)**. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.373: **Ecotoxicologia Aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp. (Crustacea, Cladocera)**. Rio de Janeiro, 2005.
- BATISTA, B. G; FUCKS, M. B. Avaliação microbiológica da água do arroio pessegueirinho de Santa Rosa, noroeste do estado do Rio Grande do Sul. **Monografias Ambientais**, v. 9, n. 9, p. 2031-2037, 2012.
- BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas do Brasi: análises estratégicas**. São Paulo, Instituto de Botânica, 224 p. 2010.
- BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L P.; PEREIRA, J. A. A. Evolução da legislação ambiental no Brasil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 447-466, 2009.
- BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Portal de qualidade das águas**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn1>. Acesso: 10 maio 2016.
- BRASIL. Constituição da república federativa do Brasil. Art. 225, do meio ambiente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 1988.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de

março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 08 jan. 1997.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 18 jul. 2000.

BRASIL. Portaria Nº 1.914, de 12 de dezembro de 2011. **Aprova a Classificação de Risco dos Agentes Biológicos elaborada em 2010, pela Comissão de Biossegurança em Saúde (CBS), do Ministério da Saúde. 2011.**

BRASIL. Resolução nº 357/2005, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Data da legislação: 17/03/2005. **Diário Oficial da União**, de 18 mar. 2005.

CARVALHO, A. P.; BALDUINO, A. R.; MACIEL, G. F.; PICANÇO, A. P. Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: um estudo de caso no ribeirão de São João em Porto Nacional – TO. **Geociências**, v. 35, n. 3, p. 472-484, 2016.

CARVALHO, A. P. **Utilização do índice de qualidade da água (IQA-CCME) para verificação de conformidade ao enquadramento no Ribeirão São João em Porto Nacional – TO**. 2017, 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas – TO, 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. São Paulo, 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo: CETESB, 2009.

CONDO, C. R. P. **Avaliação da qualidade da água do Ribeirão Taquaruçu durante o processo de implantação do projeto produtor de águas**. 2016, 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas - TO, 2016.

CORRÊA, P. F. **Importância da avaliação ecotoxicológica de sedimentos aquáticos como ferramenta na perícia ambiental judicial**. 2011. 41 f. Monografia (Pós-graduação) - Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Criciúma. 2011.

CUNHA, B. M. **Avaliação ecotoxicológica de distintos tipos de efluentes mediante ensaios de toxicidade aguda utilizando *Artemia salina* e *Lactuca sativa***. 2011. 79 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

DA ROCHA, A. I. **Avaliação da qualidade da água no Rio Parnaíba na zona urbana de Teresina-PI usando os métodos IQA Clássico e Lógica Fuzzy**. 2016, 100f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.

DE FREITAS, F. A. **Qualidade da água e uso da terra na Bacia de Contribuição da Represa de São Pedro, Juiz de Fora – MG**. 2015, 142f. Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora – MG, 2015.

DE JESUS, D. B. M.; SOUZA, R. C. A. **Avaliação da qualidade da água do Rio São Francisco na região de Bom Jesus da Lapa, BA, e as atividades antrópicas relacionadas**. Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, 2013.

DE SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19 n. 3, p. 263-274, 2014.

DELLAGIUSTINA, A. **Determinação das concentrações de nitrogênio e fósforo dissolvidos em diferentes locais do Rio Itajaí-Açu**. 2000, 92f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina – PI, 2016

DOURADO, J. C. **Análise da bacia do Ribeirão São João, Tocantins: uma contribuição metodológica ao planejamento e gestão ambiental**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

FARIAS, M. S. S. de. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio cabelo**. 2006. 152 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande. 2006.

FERNANDES, M. M.; CEDDIA, M. B.; RAMOS, G. M.; GASPAR, A.; MOURA, M. R. Influência do uso do solo na qualidade da água da microbacia Glória, Macaé – RJ. **Engenharia Ambiental Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 2, p. 105-116, 2011.

FERRÃO FILHO, A. S.; MAGALHÃES, D. P. **A ecotoxicologia como ferramenta de monitoramento dos ecossistemas aquáticos**. Rio de Janeiro, 2008.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. **QualiGraf**. 2015. Disponível em: <<http://www3.funceme.br/qualigraf/mi/midia/show/3>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. Disponível em: <<http://www.feam.br/>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2014. 112 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Manual prático de análise de água**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009. 145 p.

GLORIA, L. P.; HORN, B. C.; HILGEMANN, M. **Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água – IQA. Revista Caderno Pedagógico, Lajeado, v. 14, n. 1, p. 103-119, 2017.**

GONÇALVES, E. M. **Avaliação da qualidade da água do Rio Uberabinha – Uberlândia – MG.** 2009, 159 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

GUIMARÃES, G. S. C. **Parâmetros físico-químicos das águas da bacia do Alto Gurguéia e sub-bacia do Rio Contrato.** 2014, 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus – PI, 2014.

INAFUKU, M. M. **Avaliação da qualidade da água do rio Corumbataí com *Ceriodaphnia silvestrii* e determinação de metais pesados em sedimento em suspensão.** 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em:<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430380&search=||info%EFicos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 01 junho 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de uso da Terra.** Rio de Janeiro, 2013

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações.** Florianópolis: Agência Alemã de Cooperação Técnica - Gtz, 288 p. 2004.

LOPES, S. M. F. **Influência do uso da Terra na qualidade da água em bacias hidrográficas com usos distintos, em Jataí-GO e Canapolis-MG.** 2016. 226f. Tese (Doutora em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

MALUF, C. **Avaliação toxicológica da água do córrego da sub-bacia da UFSC utilizando *Daphnia Magna* como organismo-teste.** 2008. 61 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. **Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. Floresta e Ambiente, v. 22, n. 2, p. 171-181, 2015.**

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

MENEZES, J. P. C. **Influência do uso e ocupação da Terra na qualidade da água subterrânea e sua adequação para consumo humano e uso na agricultura.** 2012. 84f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) - Universidade Federal do Espírito, Alegre-ES, 2012.

MESSIAS, T. G. **Influência da toxicidade da água e do sedimento dos rios São Joaquim e Ribeirão Claro na bacia do Corumbataí.** 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

OSCAR, B. V. **Avaliação toxicológica de nanoestruturas de óxido de zinco aplicadas em argamassas**. 2015. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Gradação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

PEREIRA, I. S. **Índices de qualidade da água para consumo humano: modelagem e influência do uso e ocupação do solo**. 2014, 120f. Tese (*Doctor Scientiae*) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2014.

PEREIRA, R. F. **Estudo do impacto da variação de parâmetros no cálculo final do índice de qualidade da água (IQA) como critério de classificação dos corpos hídricos superficiais**. 2015. 122f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista. Ambiente e Água**, v. 12, n. 3. p. 436-456, 2017.

RABELO, G. C.; NETO, J. B.; FREIRE, R. Qualidade das águas dos córregos urbanos de Presidente Prudente: análise preliminar. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 03, n. 15, p. 18-38, 2015.

RAMOS, M. A. G. **Avaliação da qualidade da água dos rios Jaguari e Atibaia por meio do Índice de Qualidade da Água-IQA e ensaios toxicológicos**. 2015, 177f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas Microbiologia Aplicada) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro - SP, 2015.

RIBEIRO, E. V. **Avaliação da qualidade da água do rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora - MG: Metais pesados e atividades antropogênicas**. 2010. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SANTOS, M. A. P. F. **Avaliação da qualidade da água e sedimento da sub-bacia do rio Corumbataí (SP) por meio de testes ecotoxicológicos**. 2008. 186 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2008.

SILVA, C. S. L. M. **Utilização de Ensaio Ecotoxicológicos na Avaliação de Risco Ambiental Promovido por Pesticidas: caso-estudo Brejo do Cagarrão**. 2012. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior Agrária de Beja, Beja. 2012.

SILVA, J. P. **Avaliação da Qualidade da Água Superficial Utilizada no Sistema de Abastecimento Público do Município de Belém (PA)**. 2010. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Belém. 2010.

TULIO, J. **Uso de invertebrados aquáticos na avaliação da toxicidade da água e do sedimento contaminados por efluentes de esgoto doméstico**. 2014. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. 2014.

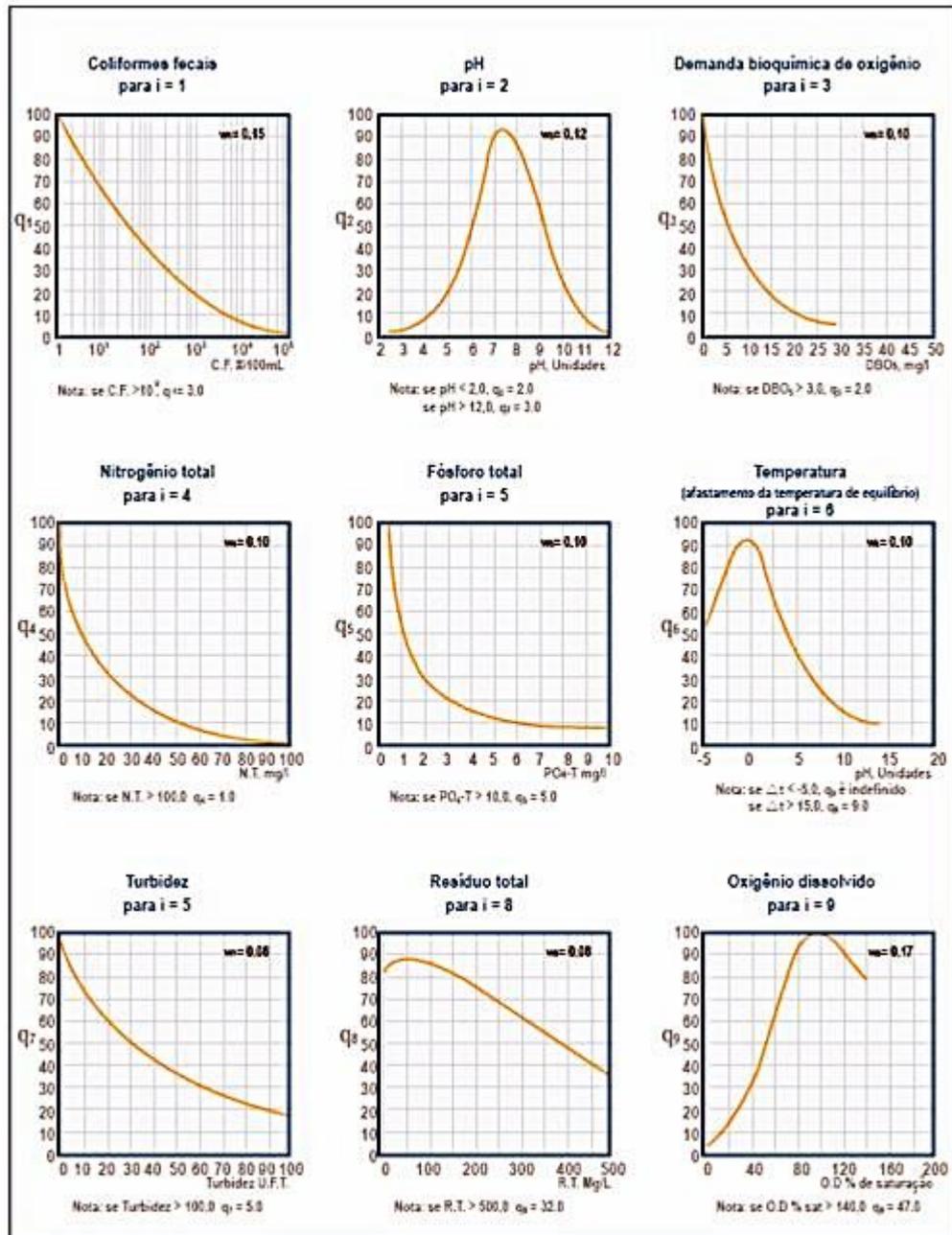
ANEXOS

Anexo A: Parâmetros do Índice de Qualidade da Água e seus respectivos pesos.

Parâmetros	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico – pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO _{5,20}	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo Total	0,08

Fonte: Adaptado de ANA 2017.

ANEXO B: Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.



Fonte: ANA, 2017.

ANEXO C: Preparo do meio M4 – Cultivo da *Daphnia. magna*

No quadro abaixo estão relacionadas as soluções usadas no preparo de meio M4 em um volume de 5 L de água deionizada. O M4 deve ser mantido aerado, por no mínimo, 24 horas antes de realizar a manutenção dos lotes de cultivo.

SOLUÇÃO	VOLUME (mL)
Solução de Cloreto de Cálcio	16
Solução de Sulfato de Magnésio	4
Solução de Cloreto de Potássio	4
Solução de Bicarbonato de Sódio	4
Solução Catiônica	0,5
Solução Aniônica	2,5
Solução de Silicato	1
Solução de Ferro/EDTA	25
Solução de Fosfato	2,5
Solução Vitamínica	0,5

Fonte: NBR 12.713 (ABNT, 2016).

ANEXO D: Meio ISO

O quadro abaixo traz as soluções necessárias para o preparo de meio ISO em um volume de 5 L de água deionizada. O ISO deve ser mantido aerado, por no mínimo, 24 horas antes de realizar a manutenção dos lotes de cultivo.

Solução	Volume (ml)
Solução de Cloreto de Cálcio	16
Solução de Sulfato de Magnésio	4
Solução de Cloreto de Potássio	4
Solução de Bicarbonato de Sódio	4

Fonte: NBR 12.713 (ABNT, 2016).