

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Keitiline Bauchspiess

**MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E AVALIAÇÃO
DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA EM VIVEIRO DE
PISCICULTURA**

Frederico Westphalen, RS
2020

Keitiline Bauchspiess

**MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E AVALIAÇÃO DO ÍNDICE
DE QUALIDADE DA ÁGUA EM VIVEIRO DE PISCICULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito para obtenção do grau de **Engenheira Ambiental e Sanitarista**.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Jaqueline Ineu Golombieski

Frederico Westphalen, RS
2020

Keitiline Bauchspiess

**MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E AVALIAÇÃO DO ÍNDICE
DE QUALIDADE DA ÁGUA EM VIVEIRO DE PISCICULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Ambiental e Sanitarista.**

Aprovado em 27 de outubro de 2020:

Jaqueline Ineu Golombieski, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Raphael Corrêa Medeiros, Dr. (UFSM)

Silvana Isabel Schneider, Engenheira Ambiental e Sanitarista (UFSM)

Frederico Westphalen, RS
2020

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Max Bauchspiess Junior e Venilda Sanders Bauchspiess, e ainda a minha irmã Sheila Bauchspiess os quais são a base da minha vida e os amo acima de tudo.

O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes.

(Cora Coralina)

AGRADECIMENTOS

- Primeiramente agradeço a Deus, por ser meu guia nessa caminhada.
- Agradeço imensamente aos meus pais Max Bauchspiess e Venilda Sanders Bauchspiess que são meus exemplos de vida. Obrigada por todo ensinamento, amor e dedicação que vocês têm comigo, com certeza sem vocês nada disso seria possível. Obrigada por sempre acreditarem em mim e nunca me deixarem desistir dos meus sonhos. Vocês são tudo da minha vida!
- Agradeço a minha irmã Sheila, a qual é minha inspiração diária em que mesmo longe está sempre presente, me apoiando e me ajudando em tudo. Mana você é luz em minha vida, obrigada por existir.
- Agradeço ao meu namorado Carlos, por todo apoio, amor e compreensão, por sempre estar presente em minha vida e por todas as palavras de conforto. Te amo!
- Agradeço a minha Professora, orientadora e amiga Dra Jaqueline Ineu Golombieski, por todos os ensinamentos, oportunidades e por toda ajuda e dedicação durante o desenvolvimento desse trabalho e ao longo da graduação. A senhora é um exemplo de humildade, uma profissional incrível. Tenho muito orgulho da pessoa que és!
- Agradeço as minhas amigas e irmãs de coração Adriane Borges e Janieli Motta, que foram um presente da faculdade, que desde o início sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos e que vou levar comigo pro resto da vida. Amo vocês! E ainda pela minha família de fredinho “Claudinha, Dudu, Carol e Danda”, por todos os ensinamentos e momentos compartilhados, amo vocês!
- As minhas amigas do grupo “As Brasileirinhas”, pela amizade e ajuda durante esses anos e por terem tornado essa caminhada mais linda e divertida.
- As minhas veteranas que se tornaram grandes amigas Leticia Sippert e Silvana Schneider. Obrigada por tudo!
- Ao melhor e mais lindo Grupo de Monitoramento Ambiental do CNPq , o famoso “Grupo di Jaque”: a vocês toda a gratidão! Pelos longos dias de trabalho no laboratório, mas também por toda amizade e diversão. Amo cada um(a)!
- Ao Sr. Fabricio Luis Alberton, dono da propriedade rural em que foi realizado esse estudo, e que nos auxiliou em todas as coletas de água, inclusive com alguns banhos de açude que ficaram em nossas memórias! Hehe
- Ao Professor Dr. Marcos Toebe, que nos auxiliou nas análises estatísticas e sempre esteve disposto à nos ajudar para melhorar este trabalho.
- A Química, ex-Servidora da UFSM-FW, Fernanda Volpato, por toda ajuda e ensinamentos durante esses anos. Te admiro muito como profissional.
- A todos os professores do Curso Engenharia Ambiental e Sanitária, UFSM/FW, por todos os ensinamentos e pela amizade construída ao longo desses anos.
- E por fim, aos demais familiares e amigos e a todas as pessoas que contribuíram para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA EM VIVEIRO DE PISCICULTURA

AUTORA: Keitiline Bauchspiess
ORIENTADORA: Jaqueline Ineu Golombieski

Visando o crescimento da atividade de piscicultura e os possíveis impactos ambientais gerados, o monitoramento da qualidade da água é uma avaliação imprescindível para o desenvolvimento sustentável. Este trabalho teve como objetivo monitorar a qualidade da água de um viveiro de piscicultura com policultivo de espécies de peixes, através da avaliação de variáveis ambientais. O monitoramento de água foi realizado mensalmente durante dezoito meses, em quatro pontos distintos: nascente (P1), viveiro (P2), monge do viveiro (P3) e efluente final de piscicultura (P4). A faixa de valores das variáveis físico química foi: amônia total (0,09 a 1,38 mg/L), nitrato (0,07 a 0,75 mg/L), nitrito (0,04 a 0,27 mg/L), nitrogênio total (0,28 a 3,30 mg/L), dureza total (14,67 a 46,47 mg/L CaCO₃) alcalinidade total (6,40 a 47,46 mg/L CaCO₃), condutividade elétrica (38,04 a 132,25 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), temperatura (15,00 a 25,20 °C), pH (6,14 a 7,71), oxigênio dissolvido (0,82 a 6,59 mg/L) e Demanda Bioquímica de oxigênio - DBO (0,00 a 6,20 mg/L), fósforo total (0,09 a 0,32 mg/L), turbidez (19,96 a 226,78 NTU) e sólidos totais (150 a 1600 mg/L). Houve contaminação microbiológica por coliformes totais e *Escherichia coli* em todos os pontos amostrados. Em relação ao reuso do efluente, o mesmo classifica-se como Classe 4, conforme Resolução CONAMA n° 357/2005, tendo como variáveis decisivas as concentrações de fósforo total e oxigênio dissolvido, podendo a água ser destinada apenas para navegação e harmonia paisagística. Ainda, de acordo com a Resolução CONAMA n° 430/2011 e Resolução CONSEMA n° 355/2020, o efluente da piscicultura, em estudo, pode ser descartado direto em corpos hídricos.

Palavras chave: Efluente. Impacto Ambiental. Piscicultura. Qualidade de Água. Reuso.

ABSTRACT

MONITORING OF ENVIRONMENTAL VARIABLES AND EVALUATION OF THE WATER QUALITY INDEX IN FISH FARMING

AUTHOR: Keitiline Bauchspiess
ADVISOR: Jaqueline Ineu Golombieski

In order to increase the activity of fish farming and the possible environmental impacts generated, monitoring water quality is an essential assessment for sustainable development. This work aimed to monitor the water quality of a fish farm with polyculture of fish species, through the evaluation of environmental variables. The water monitoring was carried out monthly for eighteen months, in four different points: spring (P1), nursery (P2), monk in the nursery (P3) and final fish farming effluent (P4). The range of values of the physical and chemical variables was: total ammonia (0.09 to 1.38 mg / L), nitrate (0.07 to 0.75 mg / L), nitrite (0.04 to 0.27 mg / L), total nitrogen (0.28 to 3.30 mg / L), total hardness (14.67 to 46.47 mg / L CaCO₃) total alkalinity (6.40 to 47.46 mg / L CaCO₃), conductivity electric (38.04 to 132.25 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), temperature (15.00 to 25.20 °C), pH (6.14 to 7.71), dissolved oxygen (0.82 to 6.59 mg / L) and Biochemical oxygen demand - BOD (0.00 to 6.20 mg / L), total phosphorus (0.09 to 0.32 mg / L), turbidity (19.96 to 226.78 NTU) and total solids (150 to 1600 mg / L). There was microbiological contamination by total coliforms and *Escherichia coli* at all sampled points. Regarding the reuse of the effluent, it is classified as Class 4, according to CONAMA Resolution n° 357/2005, having as decisive variables the concentrations of total phosphorus and dissolved oxygen, and the water can be used only for navigation and landscape harmony. In addition, according to CONAMA Resolution No. 430/2011 and CONSEMA Resolution No. 355/2020, the effluent from fish farming, under study, can be disposed of directly in water bodies.

Keywords: Effluent. Environmental impact. Pisciculture. Water Quality. Reuse

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classes de enquadramento da água doce e seus respectivos usos.....	26
Figura 2: Mapa de localização do Município de Frederico Westphalen-RS.....	29
Figura 3 : Pontos de coleta de água no viveiro.....	30
Figura 4: Coleta de água na nascente (P1).	31
Figura 5- Coleta de água na margem do viveiro (P2).....	31
Figura 6: Monge do viveiro com o ponto de coleta de água P3.	32
Figura 7: Coleta de água (efluente final) no interior do monge (P3).	32
Figura 8 : Coleta de amostra de água na saída do viveiro (P4)	33
Figura 9: Equipamento de auxílio (Bailer) utilizado na coleta de água do efluente final (P4) dos viveiros.....	33
Figura 10- Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas	37
Figura 11- Classificação do IQA.....	38
Figura 12 - Precipitação Pluviométrica de Frederico Westphalen – RS	39
Figura 13- Valores de média \pm erro padrão de Amônia Total das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	43
Figura 14 - Valores de média \pm erro padrão de nitrato das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	43
Figura 15- Valores de média \pm erro padrão de nitrito das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	44
Figura 16- Valores de média \pm erro padrão de Nitrogênio Total Kjeldhal (NTK)d as amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.....	44
Figura 17 - Valores de média \pm erro padrão de Dureza Total das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	47
Figura 18- Valores de média \pm erro padrão de Alcalinidade Total das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	47
Figura 19- Valores de média \pm erro padrão de Condutividade Elétrica das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	48
Figura 20- Valores de média \pm erro padrão de Temperatura das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	52
Figura 21- Valores de média \pm erro padrão de pH das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	52
Figura 22- Valores de média \pm erro padrão de Oxigênio dissolvido das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	53
Figura 23 - Valores de média \pm erro padrão de Demanda Bioquímica de Oxigênio das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.....	53

Figura 24 - Valores de média \pm erro padrão de Fósforo Total das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	57
Figura 25- Valores de média \pm erro padrão de Turbidez das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	57
Figura 26 - Valores de média \pm erro padrão de Sólidos Totais das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.	58
Figura 27- IQA no Ponto de coleta 1 (P1) de água na nascente do viveiro.	62
Figura 28- IQA no Ponto de coleta 3 (P3) de água do fundo do viveiro.	63
Figura 29- IQA no Ponto de coleta 4 (P4) de água na nascente do viveiro.	63
Figura 30- Média do IQA nos pontos amostrados no decorrer do estudo.	64

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Variáveis físico-químicas e microbiológicas avaliadas e seus respectivos métodos de estudo.	34
Quadro 2- Quantificação a partir da análise dos parâmetros macroscópicos ambientais.....	35
Quadro 3- Classificação do local quanto ao grau de preservação, a partir da análise macroscópica.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrões de qualidade da água classe 1, 2, 3 e 4 conforme a Resolução CONAMA nº357/05 (BRASIL, 2005).	26
Tabela 2- Padrões e condições de lançamento de efluentes conforme a Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011).	27
Tabela 3 - Padrões e condições de lançamento de efluente conforme Resolução CONSEMA nº 355/2017 (RIO GRANDE DO SUL, 2017).....	27
Tabela 4– Variáveis nitrogenadas (amônia total, nitrato, nitrito e nitrogênio total).	42
Tabela 5– Variáveis de dureza total, alcalinidade total e condutividade elétrica.....	46
Tabela 6 - Variáveis de Temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO).	51
Tabela 7 - Variáveis de Fósforo total, turbidez e sólidos totais	56
Tabela 8 - Análise de coliformes totais e E. coli (NMP/100mL) da água nos meses amostrados	59
Tabela 9 - Análise macroscópica da nascente do viveiro de piscicultura	61

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 QUALIDADE DA ÁGUA	17
2.1.1 Variáveis da Qualidade da Água	18
<i>2.1.1.1 Variáveis Físicas</i>	<i>18</i>
2.1.1.1.1 Temperatura da Água	18
2.1.1.1.2 Turbidez	18
2.1.1.1.3 Condutividade Elétrica	19
2.1.1.1.4 Sólidos totais	19
<i>2.1.1.2 Variáveis Químicas</i>	<i>19</i>
2.1.1.2.1 pH	19
2.1.1.2.2 Alcalinidade Total	20
2.1.1.2.3 Dureza Total	20
2.1.1.2.4 Nitrogênio Total Kjeldhal (NTK)	21
2.1.1.2.5 Amônia total, nitrito e nitrato	21
2.1.1.2.6 Fósforo Total	22
2.1.1.2.7 Oxigênio Dissolvido	22
2.1.1.2.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	23
<i>2.1.1.3 Variáveis Microbiológicas</i>	<i>23</i>
2.1.1.3.1 Coliformes Totais	23
2.1.1.3.2 <i>Escherichia coli</i>	23
2.2 ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)	24
2.3 VARIÁVEIS MACROSCÓPICAS	24
2.4 ENQUADRAMENTO NOS CORPOS HÍDRICOS	25
2.4.1 Resolução Conama nº 357/2005	25
2.4.2 Resolução Nº 430 de 2011	27
2.4.3 Resolução CONSEMA N º 355 de 2017	27
2.5 POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PISCICULTURA	28
3. METODOLOGIA	28
3.1. ÁREA DE ESTUDO	28
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA	29

3.3 COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS	34
3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS	34
3.5 ANÁLISE MACROSCÓPICA	35
3.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	36
3.7. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	39
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 VARIÁVEIS DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	40
4.1.1 Variáveis físico-químicas	40
4.1.1.1 Amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio total.....	40
4.1.1.2 Dureza total, alcalinidade total e condutividade elétrica.....	45
4.1.1.3 Temperatura, pH, oxigênio dissolvido e Demanda bioquímica de oxigênio	49
4.1.1.4 Fósforo total, turbidez e sólidos totais.....	54
4.1.2 Variáveis microbiológicas	59
4.1.2.1 Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	59
4.2 ANÁLISE MACROSCÓPICA	60
4.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....	61
4.4 POTENCIAL DE REÚSO	64
4.5 DISPOSIÇÃO DO EFLUENTE NO CORPO RECEPTOR.....	65
5. CONCLUSÕES	66
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1. INTRODUÇÃO

A água ocupa aproximadamente três quartos de toda a superfície da Terra, caracterizado como um dos principais recursos que propiciam a vida. Cerca de 97,13% de toda água mundial é salgada e apenas 2,87% é doce, onde 78,05% concentram-se em geleiras; 21,32% em subsolos e 0,63% na atmosfera, rios e lagos (BENEDETTI, 2013).

A utilização desse recurso pelo homem visa suprir as necessidades pessoais, produção agrícola, industrial e de comércio dotado de alto valor econômico. Ao longo dos anos houve um crescimento dessas atividades, em que, conseqüentemente demanda maior utilização dos recursos hídricos, podendo provocar alterações na qualidade da água em seus diversos usos.

Tendo em vista que os recursos hídricos vêm sofrendo uma constante degradação ambiental em todo o mundo pelo aumento da atividade antrópica incluindo diversos fatores ambientais, como deslizamentos, erosões nas margens dos rios e ainda o lançamento de efluentes não tratados, dentre outras problemáticas.

Em decorrência da expansão da aquicultura no Brasil, a poluição das águas causada pelo acúmulo de substâncias contidas nos efluentes da aquicultura, é tida como um dos principais problemas ambientais encontrados nos ecossistemas aquáticos (EMBRAPA, 2014).

A aquicultura é conceituada como a produção de organismos que apresentam parcial ou total desenvolvimento na água, gerando um efluente rico em nutrientes. A utilização de alimentos artificiais, como as rações, ricas em nutrientes como nitrogênio e fósforo, gerando os efluentes que são lançados facilmente nos cursos d'água, acarretando em uma possível contaminação no local e à jusante (NOGUEIRA, 2019).

Contudo, é de extrema importância o monitoramento da qualidade da água nos viveiros de piscicultura, pois, além de auxiliar na preservação dos recursos hídricos devido ao lançamento de efluentes gerados nesta atividade, auxilia na produção dos peixes.

Neste sentido, a Lei Federal nº 9.433/97 da Política Nacional de Recursos Hídricos de 08 de Janeiro de 1997, tem como objetivos assegurar à atual e às futuras gerações disponibilidade de água em quantidade e qualidade necessárias, promover a utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997).

Além de que, o efluente lançado deve estar em conformidade com as legislações aplicáveis, a resolução do CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005, e Resolução Nº 430 de 2011 que complementa e altera a resolução nº 357/2005, são utilizadas como um referencial

que, dispõe da classificação e diretrizes ambientais para enquadramento dos corpos de água, estabelecendo condições e padrões do lançamento de efluentes e dá outras providências, neste caso, a aquicultura e a atividade de pesca amadora como de uso preponderante para as águas de classes 2 e 3 (BRASIL, 2005).

Desta forma, ressalta-se a importância do monitoramento da qualidade da água de um viveiro com policultivo de peixes, com a finalidade de evitar danos que podem ocorrer ao meio ambiente, realizando a comparação do efluente final lançado com a legislação vigente e a sua respectiva classificação nos corpos d'água.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Monitorar a qualidade da água de um viveiro de piscicultura com policultivo de espécies de peixes, através da avaliação de variáveis ambientais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar as variáveis físicas e químicas da água em diferentes locais (nascente, viveiro, saída do viveiro e efluente final) da piscicultura.
- Avaliar as variáveis microbiológicas da água nos diferentes pontos da piscicultura.
- Identificar possíveis impactos ambientais no viveiro de piscicultura, através da Análise macroscópica.
- Verificar a qualidade da água do viveiro de piscicultura e avaliar a contaminação através do Índice de qualidade da água (IQA);
- Realizar o enquadramento da água do viveiro de piscicultura conforme a legislação brasileira vigente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 QUALIDADE DA ÁGUA

Von Sperling (2014) afirma que “A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas”. Entretanto, o conceito de qualidade da água é muito mais abrangente do que a simples caracterização da água pela sua fórmula molecular (H_2O) desta. Também, devido suas propriedades de solvente e sua capacidade de transportar partículas ao longo do curso hídrico, incorpora a si diversas impurezas (VON SPERLING, 2014).

Para Souza et al. (2014), a qualidade da água depende diretamente do seu respectivo uso, como por exemplo, para consumo humano, irrigação, transporte e manutenção da vida aquática, sendo que suas proporções e composições são diferentes, podendo sofrer diversas alterações. Como afirma Telles e Costa (2007, p.25):

As características da água derivam dos ambientes naturais e antrópicos onde se origina percola ou fica estocada. A água sofre alterações de propriedades nas condições naturais do ciclo hidrológico, assim como manifesta características alteradas pelas ações diretas do homem. Telles e Costa (2007, p.25).

Portanto, os usos múltiplos dos recursos hídricos podem provocar inúmeras variações das características físicas, químicas e biológicas da água ao longo do curso hídrico. Desta forma, as variáveis de qualidade da água possibilitam verificar os níveis de poluição, promovendo, assim, a definição da qualidade da água e seu enquadramento dentro de classes (CARVALHO, 2005).

Visando a atividade de piscicultura, a qualidade de água de um viveiro tende a sofrer grandes influências de fatores internos e externos, como da fonte de água, características do solo, clima, manejo alimentar, entre outros. Por consequência, a piscicultura necessita do uso de recursos naturais, os quais interferem na homeostase dos ecossistemas podendo gerar impactos ambientais quando utilizados de maneira incorreta (APOLLO; NISHIJIMA, 2011).

2.1.1 Variáveis da Qualidade da Água

2.1.1.1 Variáveis Físicas

2.1.1.1.1 Temperatura da Água

É uma variável física muito importante, a qual, representa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. Segundo a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA,2014), possui grande influência na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias.

As variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e corpos de água naturais possuem variações sazonais. Esta variável geralmente é influenciada por fatores como: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. Desta forma, possui um papel fundamental no meio aquático, pois, têm grande influência na maioria das variáveis físico-químicas (CETESB, 2016).

2.1.1.1.2 Turbidez

Pode ser definida como o grau de interferência que a passagem da luz sofre ao atravessar a água, apresentando uma aparência turva à mesma. A turbidez pode apresentar-se de forma original, não trazendo, neste caso, inconvenientes sanitários diretos. Além disso, pode se apresentar de origem antropogênica, estando associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos (VON SPERLING, 2014).

Conforme a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2016), devido à presença de sólidos em suspensão, a turbidez elevada tende a reduzir o processo de fotossíntese. Contudo, esse processo pode afetar na produtividade de peixes e influenciar nas comunidades aquáticas.

Silva (2014), afirma que em um viveiro de piscicultura a turbidez pode ter origem, através da erosão dos taludes, excesso de aeração, decomposição de ração e adubos orgânicos, e está diretamente ligado na dificuldade de respiração dos peixes, pois as partículas aderem-se nos filamentos branquiais destes.

2.1.1.1.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions (Funasa, 2014).

A referida variável depende das concentrações iônicas e da temperatura e revela a quantidade de sais que existem na coluna d'água e, deste modo, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ podem indicar ambientes impactados (CETESB, 2016).

2.1.1.1.4 Sólidos totais

Os sólidos totais correspondem ao total de materiais particulados dissolvidos na água e podem estar distribuídos da seguinte forma: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos).

A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural, através de processos erosivos, organismos e detritos orgânicos, ou antropogênica por lançamento de resíduos e esgotos (CETESB, 2016).

Sólidos em suspensão podem ser caracterizados como partículas passíveis de retenção por processos de filtração. Já os sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a $10^{-3} \mu\text{m}$ e que permanecem em solução mesmo após a filtração (CETESB, 2016).

Na piscicultura, a principal fonte de sólidos oriunda do alimento não convertido em massa para os peixes, podendo chegar até 40% em material em suspensão na água e que logo se depositará no fundo dos viveiros. Quando se encontram em altas concentrações os sólidos podem vir a causar danos aos peixes e a vida aquática (PÁDUA, 2003).

2.1.1.2 Variáveis Químicas

2.1.1.2.1 pH

O pH é representado pela concentração de íons hidrogênio (H^+), indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água e sua faixa varia de 0 a 14 unidades (muito

ácido a muito alcalino). Em águas naturais o pH está situado em valor de 6,5 a 9,0 (VON SPERLING, 2014).

A variável pH possui origem natural, através da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e por fotossíntese. Além disso o pH pode ser influenciado por processos antropogênicos como de despejos domésticos e industriais.

Segundo Vieira (2015), o pH têm influência em muitos processos químicos e biológicos nos corpos de água, associados ao abastecimento e tratamento de águas residuárias. Dessa maneira, sofre influência de diversos fatores, tais como sólidos e gases dissolvidos, dureza e alcalinidade, temperatura e os fatores bióticos. Valores de pH distantes da neutralidade podem afetar a vida aquática e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos (VON SPERLING, 2014).

2.1.1.2.2 Alcalinidade Total

A alcalinidade é a capacidade da água de neutralizar os íons hidrogênios (H^+) provenientes dos ácidos, expressando a capacidade de tamponamento da água e suas condições de resistir à mudança de pH (RETELATTO e FRINHANI, 2015). Sua origem pode ser na forma natural pelo meio da dissolução de rochas, reação do CO_2 com a água, e também na forma antrópica através de lançamentos de efluente.

Conforme a Funasa (2014), a distribuição entre as três formas de alcalinidade na água: bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-) é função do seu pH: pH > 9,4 (hidróxidos e carbonatos); pH entre 8,3 e 9,4 (carbonatos e bicarbonatos); pH entre 4,4 e 8,3 (apenas bicarbonatos).

A alcalinidade consiste em uma determinação importante no controle do tratamento de água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações, e no tratamento de esgotos, quando há evidências de que a redução do pH pode afetar os microrganismos responsáveis pela depuração (VON SPERLING, 2014).

2.1.1.2.3 Dureza Total

É definida como a concentração de cátions multivalentes em solução na água. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) e, em

menor escala, ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) (FUNASA,2013).

Esta variável pode ser classificada como dureza carbonato e dureza não carbonato, dependendo do ânion com a qual está associada. A dureza correspondente à alcalinidade é denominada dureza carbonato, enquanto que as demais formas são caracterizadas como dureza não carbonato. Pode ser de origem, na forma natural, através da dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, como por exemplo as rochas calcárias, ou de origem antropogênica, através do lançamento de efluentes (SPERLING, 2014).

2.1.1.2.4 Nitrogênio Total Kjeldhal (NTK)

O nitrogênio, é um componente de fundamental nos processos de todas as plantas e animais por ser o principal componente de proteínas, ácidos nucleicos e de outras bio-moléculas (COIMBRA, 2012).

Segundo Sperling (2014), o ciclo do nitrogênio nos recursos hídricos, encontra-se presente entre várias formas: (a) nitrogênio molecular, escapando para a atmosfera, (b) nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), (c) amônia (livre NH_3 e ionizada $-\text{NH}_4^+$), (d) nitrito (NO_2^-) e (e) nitrato (NO_3^-).

Estas formas podem ser originadas de modo natural, através da constituição de proteínas, clorofila e outros compostos biológicos e/ou forma antropogênica, como, despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes. O nitrogênio é um dos principais nutrientes para o crescimento de algas, e quando em elevadas concentrações, pode ocasionar a eutrofização das águas (VON SPERLING, 2014).

A determinação do nitrogênio é muito importante em um corpo hídrico, pois pode fornecer diversas informações sobre a qualidade desta água em relação ao estágio de poluição, associando às atividades desenvolvidas nas margens desse corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como um todo, (WEINBERG, 2013).

2.1.1.2.5 Amônia total, nitrito e nitrato

A amônia total apresenta-se nas formas ionizada (NH_4^+) e não ionizada (NH_3) (REIS; MENDONÇA, 2009). Já o nitrato (forma mais abundante de nitrogênio inorgânico em compartimentos aeróbios) é reduzido a nitrito dentro das células.

De acordo com Von Sperling (2014), o nitrogênio na forma de amônia livre, torna-se diretamente tóxico para os organismos aquáticos. Já o nitrato, em altas concentrações, está associado à doença da metahemoglobinemia, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês, causando a Síndrome do Bebê Azul.

2.1.1.2.6 Fósforo Total

É um nutriente fundamental para todos os organismos vivos e, na água, ele se apresenta tanto na sua forma dissolvida, quanto como material particulado (VIEIRA, 2015). Além de ser um importante componente da substância viva, pois armazena energia (ATP), e está ligado ao metabolismo respiratório e fotossintético (VAZ et al., 2015).

O fósforo apresenta-se nas formas de ortofosfato, polifosfato (fósforo total) e fósforo orgânico, sendo que ortofosfatos são diretamente disponíveis para o desenvolvimento biológico sem a necessidade de conversões (VON SPERLING, 2014).

A presença de fósforo na água, pode se dar através de origem natural (dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, entre outros) e de origem antropogênica, (dejeitos domésticos, dejeitos industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes), (VON SPERLING, 2014).

2.1.1.2.7 Oxigênio Dissolvido

É considerado um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático, que depende de fatores ambientais, tais como a temperatura, pressão atmosférica, salinidade, entre outros (FUNASA, 2014).

Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo causar uma redução da sua concentração no meio. Se o oxigênio for totalmente consumido, tem-se as condições anaeróbicas (ausência de oxigênio) (VON SPERLING, 2014). Caso ocorra algum desequilíbrio no meio aquático, a redução de oxigênio tende a causar mortes dos seres vivos, e geração de odores desagradáveis (VON SPERLING, 2014).

Segundo Von Sperling (2014), a origem do oxigênio pode ser de forma natural, por meio da dissolução do oxigênio atmosférico e a produção pelos organismos fotossintéticos, e de forma antropogênica, com a introdução de aeração artificial.

2.1.1.2.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO representa o teor de matéria orgânica nos corpos d'água ou efluentes, sendo, uma indicação do potencial do consumo do oxigênio dissolvido. É uma variável de extrema importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água (VON SPERLING, 2014).

Segundo Dassan (2016), valores de DBO são obtidos a partir das concentrações de oxigênio dissolvido no momento da coleta de água e cinco dias posteriores, incubada a uma temperatura de 20°C, frequentemente usado como DBO_{5,20}. Portanto, a DBO é considerada como a parcela de oxigênio consumido por um determinado período de tempo, onde a concentração de oxigênio dissolvido na água tende a diminuir, devido às reações bioquímicas da matéria orgânica presente na amostra.

2.1.1.3 Variáveis Microbiológicas

Libânio (2010) afirma que além de suas características biológicas, as águas naturais são constituídas de diversos microrganismos capazes de transmitir doenças e agir na transformação da matéria orgânica. Deste modo, as bactérias do grupo coliforme que, apresentam-se nas fezes do homem e de animais de sangue quente, são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal.

2.1.1.3.1 Coliformes Totais

Este grupo, inclui uma ampla gama de bactérias ambientais e de origem fecal que são capazes de sobreviver no meio aquático (LIBÂNIO, 2010) que são denominados como bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos. As bactérias são conhecidas pela capacidade de fermentar a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e por apresentar a atividade da enzima β -galactosidase (FUNASA, 2014).

2.1.1.3.2 *Escherichia coli*

A *Escherichia coli* é caracterizada por ser a principal bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, de origem fecal. Fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 h, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidrolisando a uréia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucoronidase (CETESB, 2016). Portanto, é vista como o indicador mais apropriado de contaminação fecal.

São encontrados, em grande número, no trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente, onde são eliminadas pelas fezes, portanto, são constituídos como indicador de contaminação fecal mais utilizado em todo o mundo. Tais bactérias são empregadas como variáveis bacteriológicas básicas, principalmente na definição de padrões de monitoramento da qualidade das águas para o consumo humano, e também para a caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral (NUVOLARI, 2011).

2.2 ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

O IQA foi desenvolvido em 1970, pela National Sanitation Foundation (NSF), dos Estados Unidos, e adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em 1975.

O índice, têm como objetivo avaliar a qualidade da água bruta, visando o seu uso. As variáveis de qualidade da água utilizadas para este índice são: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez, onde, retratam principalmente a contaminação dos recursos hídricos, e a maioria das mesmas, são utilizadas como indicadores de contaminação causada por lançamento indevido de efluentes no ambiente.

2.3 VARIÁVEIS MACROSCÓPICAS

É caracterizada como uma variável que indica os impactos ambientais em nascentes utilizando a classificação do grau de impacto das nascentes, considerada simples, prática, didática e com bons resultados. Esse procedimento objetiva verificar de forma qualitativa o grau de proteção em que as nascentes se encontram, por meio de uma técnica de avaliação sensorial macroscópica e comparativa de alguns elementos-chave na identificação de impactos ambientais e suas consequências sobre a qualidade das nascentes (ROCHA, 2017).

2.4 ENQUADRAMENTO NOS CORPOS HÍDRICOS

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997- Lei de Águas, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Baseia-se nos seguintes fundamentos do Art. 1:

- I - A água é um bem de domínio público;
- II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Deste modo, conforme a lei nº 9.433/1997, o enquadramento dos corpos de água segundo os seus usos preponderantes, tem como objetivo assegurar a qualidade compatível das águas com os usos mais exigentes a que forem destinadas e a reduzir os custos de combate à poluição, através de ações preventivas permanentes (BRASIL,1997).

2.4.1 Resolução Conama nº 357/2005

A Resolução CONAMA nº 357/2005 é considerada no Brasil, uma normativa nacional de extrema importância com relação à qualidade de água, e 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 estabelecendo os valores máximos das variáveis físicas, químicas e biológicas (Tabela 1) (BRASIL,2005).

O artigo 2º, inciso XX, desta Resolução, descreve o enquadramento como sendo o “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo”, (BRASIL,2005).

Portanto, dependendo da classe em que a água está enquadrada irá corresponder ao tipo de uso que ela pode atender, sendo que o enquadramento das águas doces pode variar entre as classes: especial, 1, 2, 3 e 4 (Figura 1).

Figura 1: Classes de enquadramento da água doce e seus respectivos usos

USOS DAS ÁGUAS DOÇES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário						
Aqüicultura						
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortaliças consumidas cruas e frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam rigorosas cruas sem remoção de pelúcia	Hortaliças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Fonte: ANA (2016)

Tabela 1 - Padrões de qualidade da água classe 1, 2, 3 e 4 conforme a Resolução CONAMA nº357/05 (BRASIL, 2005).

VARIÁVEIS	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Fósforo Total	≤ 0,02 mg/L	≤ 0,03 mg/L	≤ 0,05 mg/L	-
Nitrato	≤ 10,0 mg/L	≤ 10,0 mg/L	≤ 10,0 mg/L	-
Nitrito	≤ 1,0 mg/L	≤ 1,0 mg/L	≤ 1,0 mg/L	-
N - amoniacal total	≤ 3,7mg/L	≤ 3,7mg/L	≤ 13,3 mg/L -	-
Oxigênio Dissolvido	≥ 6,0 mg/L	≥ 5,0 mg/L	≥ 4,0 mg/L	≥ 2,0 mg/L
DBO ₅	≤ 3 mg/L	≤ 5 mg/L	≤ 10 mg/L	-
Turbidez	≤ 40 UNT	≤ 100 UNT	≤ 100 UNT	-
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005).

2.4.2 Resolução N° 430 de 2011

A Resolução dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes (Tabela 2), complementa e altera a resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA.

Tabela 2- Padrões e condições de lançamento de efluentes conforme a Resolução CONAMA n° 430/2011 (BRASIL, 2011).

VARIÁVEIS	Condição
pH	5 - 9
Temperatura	< 40° C
N - amoniacal	≤ 20 mg/L

Fonte: Adaptado da resolução CONAMA n° 430/2011 (BRASIL, 2011)

2.4.3 Resolução CONSEMA N ° 355 de 2017

A Resolução CONSEMA n° 355/2017 dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos (Tabela 3), para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Segundo seu Art. 3º, esta resolução aplica-se a todas as atividades geradoras de efluentes líquidos e que contemplem o lançamento dos mesmos em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul, excluindo lançamentos no mar e infiltrações no solo, que serão objeto de avaliações independentes no licenciamento pelo órgão ambiental competente.

Tabela 3 - Padrões e condições de lançamento de efluente conforme Resolução CONSEMA n° 355/2017 (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

VARIÁVEIS	Condição	Vazão
pH	6,0 – 9,0	-
Temperatura	≤ 40° C	-
DBO ₅ (mg/L)	≤ 120 mg/L	Q < 100
N- Amoniacal	≤ 20 mg/L	Q < 100
Fósforo	≤ 4 mg/L	Q < 100
Coliformes Termotolerantes mg/L (NMP/ 100mL)	≤ 10 ⁵	Q < 100

Fonte: Adaptado da Resolução CONSEMA n°355/2017 (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

2.5 POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PISCICULTURA

A atividade de piscicultura pode vir a ser um sério fator de poluição ambiental. Tudo que entra nas unidades de cultivo como: ração, fertilizantes, medicamentos, entre outros, retorna de alguma forma ao meio ambiente (SOUZA; SOARES, 2020).

A piscicultura no Brasil, vem sendo destacada e tratada por alguns setores e entidades governamentais e não governamentais, como uma atividade impactante ao meio ambiente. Destacam-se os principais impactos causados por essa atividade como: a disputa pelo uso dos corpos d'água com a agricultura irrigada, a sedimentação e obstrução dos fluxos de água, a eutrofização, a descarga dos efluentes de viveiros e a poluição por resíduos químicos empregados nas diferentes fases de criação (SILVA, 2019).

Visando esta problemática é de extrema importância o monitoramento da qualidade da água oriunda dessa atividade, a fim de evitar e/ou minimizar os impactos ambientais existentes.

3. METODOLOGIA

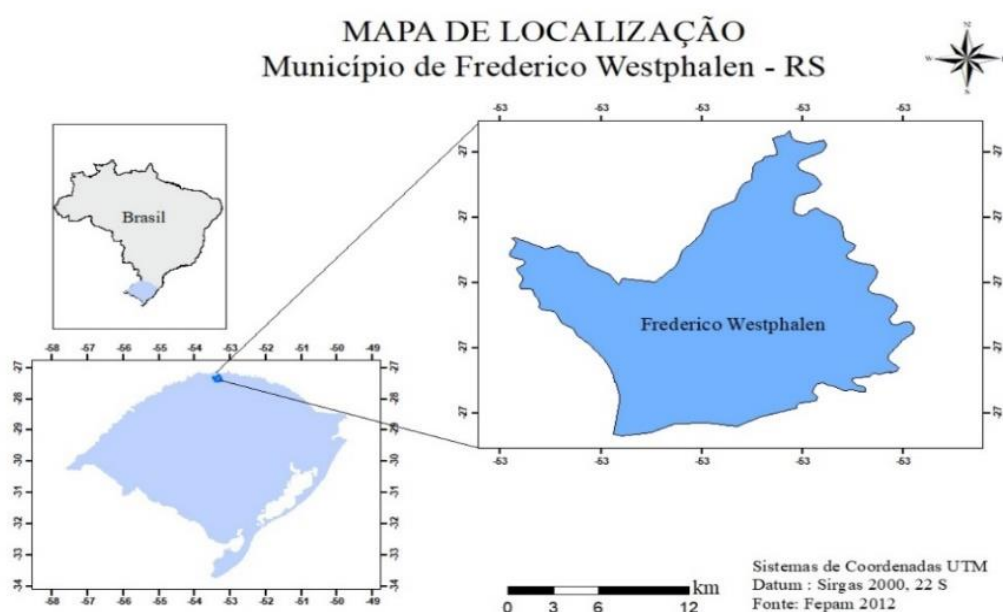
3.1. ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na Linha 21, na localidade Cerro do Leão, interior do município de Frederico Westphalen, Região Norte do Rio Grande do Sul (Figura 2), em uma propriedade rural privada.

O município de Frederico Westphalen possui uma área de unidade territorial de 265,181 Km², e 522 m de altitude, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019). Faz divisa com os municípios de Caiçara, Vicente Dutra, Seberi, Cristal do Sul, Ametista do Sul, Iraí, Taquaruçu do Sul e Vista Alegre.

É caracterizado por partes de um planalto, desenvolvido por rochas basálticas de natureza alcalina, em que os restos de planalto são constituídos em sequência por bordas de chapadas, serras (ravinas), espigões estreitos, elevados e degradados, e vales. Os solos são especificados como: nitossolo vermelho distroférico, neossolo litólico eutrófico, luvisolo crômico órtico, neossolo litólico eutrófico e cambissolo háplico eutrófico, podendo ser associados a outros semelhantes (CUNHA et al., 2011).

Figura 2: Mapa de localização do Município de Frederico Westphalen-RS



Autora, construído através da Fepam (2012).

Frederico Westphalen está inserido na região geográfica do Aquífero Guarani, pertence ao Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea, em que foram delimitadas cinco bacias hidrográficas: Lajeados Mico, Castelinho, Perau, Chiquinha e do Rio Pardo (BUZATTO et al., 2014).

No viveiro de piscicultura (Figura 3), destaca-se o policultivo das seguintes espécies de peixe: tilápia (*Oreochromis niloticus*), carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), carpa cabeça grande (*Hypophthalmichthys nobilis*), carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), piava (*Leporinus obtusidens*), jundiá (*Rhamdia quelen*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), pintado (*Pseudoplatyoma coruscans*), traíra (*Hoplias malabaricus*), catfish (*Ictalurus punctatus*) e matrinxã (*Brycon cephalus*), totalizando em média 23.000 peixes.

Os peixes que são criados no viveiro de piscicultura são alimentados duas vezes ao dia, com ração comercial contendo 33% de proteína bruta sendo utilizado em média de 140 Kg/ração/Dia.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

O viveiro de piscicultura em estudo possui em média uma área de 5.700 m², com uma profundidade de 1,90 m.

As coletas de água foram realizadas mensalmente, em um período de 18 meses, em quatro pontos de distintos: nascente (P1), água de superfície do viveiro (P2), água coletada no monge (fundo do viveiro) (P3) e saída do viveiro (efluente final) (P4) (Figuras 4 a 8).

A nascente (P1) é a principal fonte de água que abastece o viveiro e está localizada próxima da margem do viveiro (Figura 4). No viveiro (P2) a água foi coletada em uma de suas margens ao lado do monge, com uma profundidade em média de 10-15 cm (Figura 5). A coleta de água de fundo do viveiro (P3) ocorreu no interior do monge (Figura 6 e 7).

A água de saída do viveiro em estudo (P4) e dos demais viveiros da propriedade rural, chamada de efluente final de piscicultura é encaminhada para uma tubulação saindo de cada viveiros, em que posteriormente atinge diretamente o curso de água do rio Chiquinha (Figura 9).

Para a coleta das amostras de água em meses de estiagem, em que o nível da água do ponto P4 apresentava-se baixo, dentro da tubulação, dificultando a coleta, fez-se necessário o uso de um coletor de água (Bailer) (Figura 9). Após a coleta desta água o mesmo foi lavado e desinfetado adequadamente para posterior uso.

Figura 3 : Pontos de coleta de água no viveiro.



Fonte: Google Earth (2018).

Figura 4: Coleta de água na nascente (P1).



Fonte: Autora (2019).

Figura 5- Coleta de água na margem do viveiro (P2)



Fonte: Autora (2019).

Figura 6: Monge do viveiro com o ponto de coleta de água P3.



Fonte: Autora (2019).

Figura 7: Coleta de água (efluente final) no interior do monge (P3).



Fonte: Autora (2019).

Figura 8 : Coleta de amostra de água na saída do viveiro (P4)



Fonte: Autora (2019).

Figura 9: Equipamento de auxílio (Bailer) utilizado na coleta de água do efluente final (P4) dos viveiros.



Fonte: <https://www.agsolve.com.br/produto/1172/bailer-descartavel>

3.3 COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

O monitoramento da água do viveiro foi realizado durante os meses de Abril a Dezembro de 2018 e Janeiro a Novembro de 2019, totalizando 18 meses de coletas.

As amostras de água para a realização de análises físicas, químicas e microbiológicas foram coletadas em quatro garrafas de polietileno de 500 ml cada. Para análise das variáveis de oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) as amostras foram coletadas em frascos âmbar de em média 500 ml cada. Já para as análises microbiológicas de coliformes totais e *Escherichia coli*, foram utilizados frascos de vidro esterilizados em autoclave.

Logo após a coleta das amostras de água foram acomodadas em uma caixa térmica a fim de preservar as características originais até a análise em laboratório, conforme estabelece a ABNT-NBR 9898 (ABNT, 1987).

3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

As análises físico-químicas e microbiológicas realizadas no presente estudo, estão dispostas no Quadro 1.

As variáveis de temperatura e oxigênio dissolvidos (OD) foram realizadas “*in situ*”, ou seja, no local da coleta das amostras. As demais análises (alcalinidade total, amônia total, nitrato, condutividade elétrica, nitrogênio total, dureza total, fósforo total, pH, turbidez e demanda bioquímica de oxigênio), foram realizadas nos laboratórios de Recursos Hídricos (sala 211) e de Química (sala 113), da Universidade Federal de Santa Maria- *Campus* Frederico Westphalen.

Quadro 1 - Variáveis físico-químicas e microbiológicas avaliadas e seus respectivos métodos de estudo.

(Continuação...)

VARIÁVEIS	UNIDADE DE MEDIDA	MÉTODO
Físico-químicas		
Alcalinidade Total	mg/L CaCO ₃	Titulométrico - 2320 B (APHA, 2012)
Amônia Total	mg/L	Titulométrico (Tedesco et al., 1995)
Nitrato	mg/L	Titulométrico - (Tedesco et al., 1995)
Condutividade Elétrica	µS/cm	Condutivímetro - 2510 B (APHA, 2012)

Nitrogênio Total	mg/L	Titulométrico (APHA, 2012)
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	Titulométrico (APHA, 2012)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	mg/L	Titulométrico - 5210 B (APHA, 2012)
Dureza Total	mg/L CO ₃	Titulométrico -2340 B (APHA, 2012)
Fósforo Total	mg/L	Espectrofotométrico - 4500 P-E (APHA, 2012)
Nitrito	mg/L	Espectrofotométrico - 4500-NO ₂ (APHA, 2012)
Sólidos Totais	mg/L	(APHA, 2012)
pH	Unidades de pH	pHmetro - 4500 – H ⁺ B (APHA, 2012)
Temperatura	°C	Termômetro Portátil - 2550 B (APHA, 2012)
Turbidez	NTU	Turbidímetro - 2130 B (APHA, 2012)
Microbiológicas		
Coliformes Totais	NMP/100 mL	Método dos tubos múltiplos (APHA, 2012)
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	Método dos tubos múltiplos (APHA, 2012)

Fonte: Autora (2020).

3.5 ANÁLISE MACROSCÓPICA

A coleta de dados para análise macroscópica foi realizada mensalmente no mesmo período de coleta das águas, a fim de determinar o grau de preservação do local, que é baseada na Classificação do Grau de Impactos de Nascentes (2004) juntamente com o Guia de Avaliação da Qualidade das Águas (2004), e composto por 13 parâmetros (Gomes Melo e Vale, 2005) (Quadro 2).

Quadro 2- Quantificação a partir da análise dos parâmetros macroscópicos ambientais.

(Continuação...)

Parâmetros Macroscópicos	Ruim (1)	Médio (2)	Bom (3)
Cor da água	(1) Escura	(2) Clara	(3) Transparente
Odor	(1) Cheiro Forte	(2) Cheiro Fraco	(3) Sem cheiro
Resíduo ao redor	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem lixo
Materiais flutuantes	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem materiais flutuantes
Espuma	(1) Muita	(2) Pouca	(3) Sem espumas

(Conclusão)

Óleo	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem óleos
Esgoto	(1) Esgoto doméstico	(2) Fluxo superficial	(3) Sem esgoto
Vegetação (Preservação)	(1) Alta degradação	(2) Baixa degradação	(3) Preservada
Uso por animais	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detectado
Uso por humanos	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detectado Proteção local
Proteção local	(1) Sem proteção	(2) Com proteção	(3) Com proteção
Proximidade com residências (metros)	(1) Menos de 50 m	(2) Entre 50 e 100 m	(3) Mais de 100 m
Tipo de área de inserção	(1) Ausente	(2) Propriedade privada	(3) Parques ou áreas protegidas

Fonte: Adaptado de Gomes, Melo e Vale (2005).

Após a coleta de dados os parâmetros são enquadrados para posterior classificação do Grau de Preservação, e se obtém a quantificação dos pontos, que resultam em cinco classes: Classe A (ótima); Classe B (boa); Classe C (razoável); Classe D (ruim); Classe E (péssima).(Quadro 3).

Quadro 3- Classificação do local quanto ao grau de preservação, a partir da análise macroscópica.

Classe	Grau de Preservação	Pontuação Final
A	Ótima	Entre 37 a 39 pontos
B	Boa	Entre 34 a 36 pontos
C	Razoável	Entre 31 a 33 pontos
D	Ruim	Entre 28 a 30 pontos
E	Péssimo	Abaixo de 28 pontos

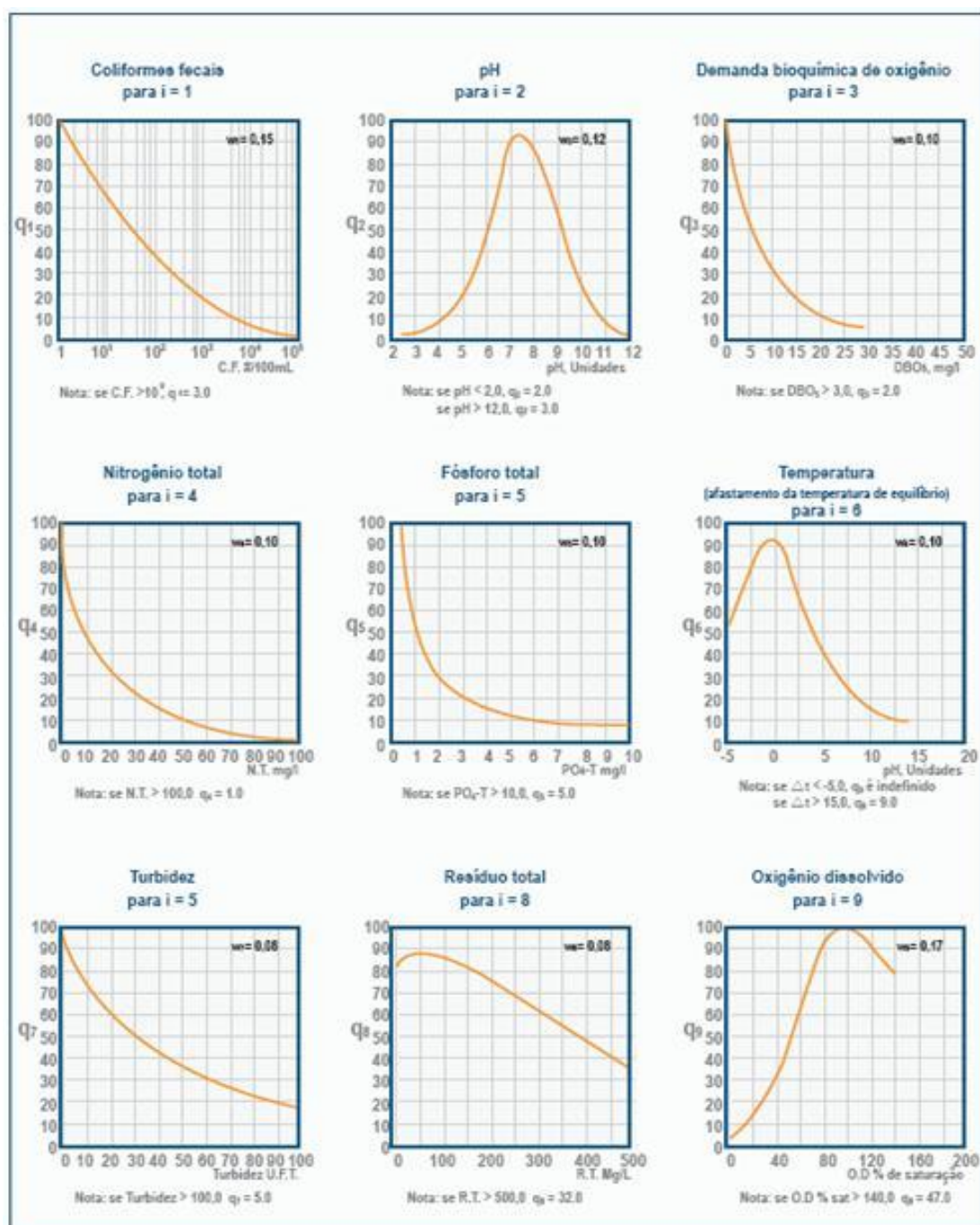
Fonte: Adaptado de Gomes, Melo e Vale (2005).

3.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Para a avaliação do índice de Qualidade da Água (IQA) foram avaliadas nove variáveis, durante 12 meses (novembro/2018 à novembro/2019), sendo elas: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez.

Para o cálculo, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada variável, e sintetizadas em um conjunto de curvas médias, tal como seu peso relativo correspondente, apresentados na Figura 10.

Figura 10- Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas



Fonte: ANA (2004).

Para cada variável analisada, tem-se uma equação específica, que foi realizada através do programa do Excel. Posteriormente, o cálculo realizado é a partir do produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, conforme a equação abaixo:

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi}$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

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

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

A partir dos resultados obtidos, é realizada a classificação da qualidade da água, indicada pelo IQA, variando de uma faixa de valores entre 0-100 (Figura 11).

Figura 11- Classificação do IQA

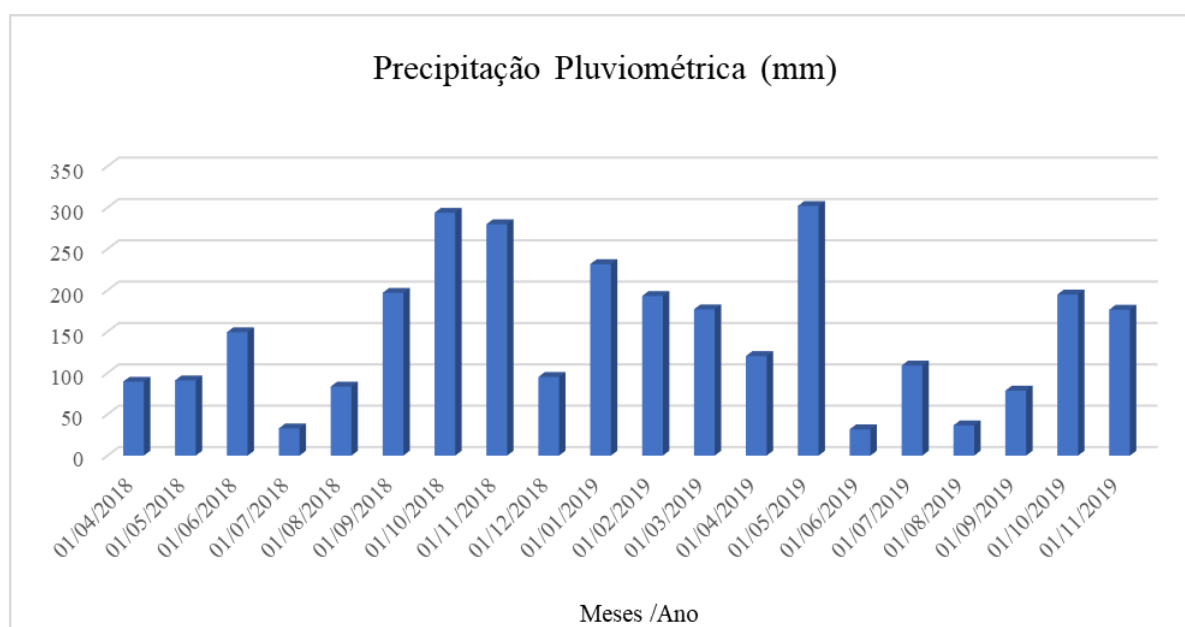
Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2018).

3.7. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Dados obtidos pela Agencia Nacional de Águas pelo (HidroWeb) (ANA, 2018;2019) demonstram que a média mensal de precipitação pluviométrica durante o período estudado é de 134,8 mm em Frederico Westphalen, e o município apresenta um clima quente e temperado, com valores anuais de temperatura média de 17 a 20 °C. As precipitações durante os meses amostrados do presente estudo estão apresentadas na Figura 12.

Figura 12 - Precipitação Pluviométrica de Frederico Westphalen – RS



Fonte: Autora, construído a partir dos dados pluviométricos da ANA (2018-2019)

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel e do pacote GGLOT2 do software R (Wickham, 2016).

As coletas mensais de amostras de água foram agrupadas por trimestres, resultando em sete trimestres de avaliação. Para cada variável foi calculada a média amostral e a semi-amplitude do intervalo de confiança da média populacional ao nível de confiança de 95% para cada ponto de coleta e trimestre de avaliação, bem como para os gerais por ponto, por trimestre e totais gerais. Também foram construídos gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa) com

valores de média e erro padrão, onde, mostra a oscilação de cada variável em relação aos trimestres.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VARIÁVEIS DA QUALIDADE DA ÁGUA

4.1.1 Variáveis físico-químicas

4.1.1.1 Amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio total

Os resultados das variáveis físico químicas de amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio total estão apresentados na Tabela 4 e Figuras 13, 14, 15 e 16, respectivamente.

No ponto 1 os níveis de amônia total variaram de $0,09 \pm 0,00$ a $0,63 \pm 0,67$ mg/L, sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $0,26 \pm 0,11$ mg/L. No ponto 2 os níveis variaram de $0,09 \pm 0,00$ à $0,28 \pm 0,09$ mg/L, sendo a média geral desse ponto de $0,17 \pm 0,05$ mg/L. Já no ponto 3 os níveis variaram de $0,09 \pm 0,00$ a $0,39 \pm 0,51$ mg/L, com a média geral desse ponto $0,23 \pm 0,08$ mg/L. E no ponto 4 os níveis variaram de $0,13 \pm 0,05$ a $1,38 \pm 1,18$ mg/L e média geral desse ponto de $0,50 \pm 0,20$ mg/L.

Conforme Prehn et al., (2012), a amônia presente nos viveiros de piscicultura está relacionada à presença de fertilizantes, excrementos de peixes e ainda da degradação bacteriana de compostos nitrogenados. Lopes (2017) ressalta que elevadas concentrações de amônia total na água de piscicultura causam dificuldades de sua excreção pelas brânquias, influenciando negativamente na produção dos peixes.

No efluente final (P4), obteve-se maiores valores de amônia total comparado aos demais pontos. Para Maldaner (2019), este fato pode estar associado ao acúmulo de matéria orgânica nos viveiros e restos de ração, os quais possuem maiores concentrações na saída final dos viveiros. Silva (2019) e Souza e Soares (2020), portando concordam com o presente estudo com valores próximos de amônia total apresentando uma média total de $0,58$ mg/L e $0,50$ mg/L, respectivamente, no efluente final de piscicultura.

A variável de nitrato no ponto 1 apresentou níveis entre $0,07 \pm 0,00$ a $0,53 \pm 0,35$ mg/L, sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $0,29 \pm 0,09$ mg/L. No ponto 2 os

níveis variaram de $0,10 \pm 0,03$ a $0,54 \pm 0,26$ mg/L, e a média geral de $0,30 \pm 0,07$ mg/L. Já no ponto 3 os níveis variaram de $0,09 \pm 0,02$ a $0,75 \pm 0,82$ mg/L, com média geral desse ponto $0,35 \pm 0,12$ mg/L. E no ponto 4 os níveis variaram de $0,10 \pm 0,03$ a $0,42 \pm 0,19$ mg/L e a média geral desse ponto de $0,27 \pm 0,06$ mg/L.

Afirma Costa et al. (2016) que as principais fontes de contaminação por nitrato são derivadas de excrementos de animais, fertilizantes nitrogenados e efluentes domésticos. Contudo, pode-se observar que os valores encontrados estão conforme o estabelecido na CONAMA 357 (2005). No estudo realizado por Martins (2016), o autor encontrou valores aproximados do presente estudo, obtendo como valor máximo de nitrato de 0,98 mg/L.

Na variável nitrito no ponto 1 os níveis variaram de $0,04 \pm 0,01$ a $0,12 \pm 0,08$, mg/L sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $0,08 \pm 0,02$ mg/L. No ponto 2, os níveis variaram de $0,08 \pm 0,01$ a $0,23 \pm 0,10$ mg/L, com média geral de $0,13 \pm 0,02$ mg/L. Já no ponto 3 os níveis variaram de $0,09 \pm 0,01$ a $0,27 \pm 0,11$ mg/L, e média geral desse ponto $0,16 \pm 0,02$ mg/L. E no ponto 4 os níveis variaram de $0,06 \pm 0,00$ a $0,19 \pm 0,12$ mg/L, sendo a média geral desse ponto de $0,11 \pm 0,02$ mg/L.

A variável nitrito encontrou-se mais elevada no primeiro e segundo trimestre de 2019, o que pode estar associado à baixa concentração de oxigênio dissolvido durante esse período, pois, segundo Vidal e Neto (2014) elevadas concentrações de nitrito podem estar relacionadas com as menores concentrações de oxigênio dissolvido na água, em que o nitrito em condições de maiores taxas de oxigenação na água é facilmente oxidado a nitrato.

Já na variável de Nitrogênio total no ponto 1 os níveis variaram de $0,28 \pm 0,13$ a $1,49 \pm 0,64$ mg/L, sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $0,81 \pm 0,24$ mg/L. No ponto 2 os níveis variaram de $0,29 \pm 0,13$ a $2,18 \pm 0,36$ mg/L, com média geral desse ponto no decorrer do estudo de $1,09 \pm 0,28$ mg/L. Já no ponto 3 os níveis variaram de $0,31 \pm 0,12$ a $2,57 \pm 0,57$ mg/L, e média geral $1,14 \pm 0,32$ mg/L. E no ponto 4 os níveis variaram de $0,29 \pm 0,10$ a $3,30 \pm 0,18$ mg/L, com média geral desse ponto de $1,93 \pm 0,53$ mg/L.

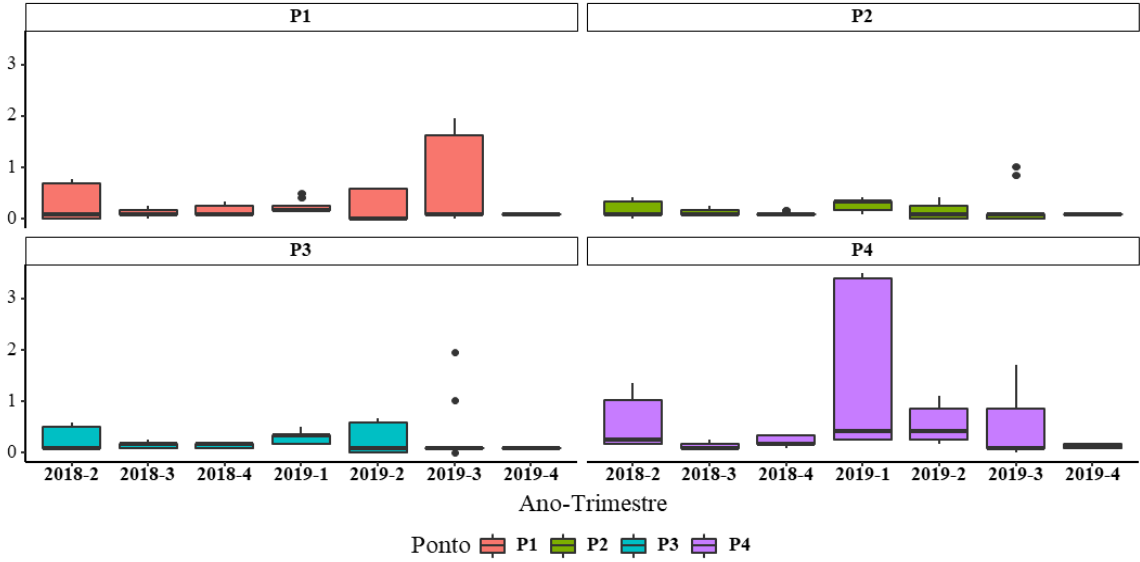
O NTK é o somatório das formas de nitrogênio orgânico e amoniacal, importantes na avaliação do nitrogênio disponível para as atividades biológicas (BASSOI e GUAZELLI, 2004). No decorrer do estudo os níveis de NTK encontraram-se mais elevados na saída do viveiro (efluente final), provavelmente devido ao fato de que a amônia total também se encontra com valores mais elevados nesse período. Como ao redor da propriedade rural existem atividades agrícolas, o uso de fertilizantes pode influenciar na quantidade de nitrogênio existente na água (ESTEVES, 1998).

Tabela 4– Variáveis nitrogenadas (amônia total, nitrato, nitrito e nitrogênio total).

Ano - Trimestre	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Geral da Época
Amônia Total (mg/L)					
2018-2	0,27 ± 0,27 (9)	0,18 ± 0,13 (9)	0,26 ± 0,18 (9)	0,56 ± 0,39 (9)	0,32 ± 0,12 (36)
2018-3	0,10 ± 0,06 (9)	0,12 ± 0,05 (9)	0,14 ± 0,05 (9)	0,13 ± 0,05 (9)	0,13 ± 0,02 (36)
2018-4	0,16 ± 0,09 (9)	0,10 ± 0,03 (9)	0,13 ± 0,03 (9)	0,21 ± 0,08 (9)	0,15 ± 0,03 (36)
2019-1	0,26 ± 0,10 (9)	0,28 ± 0,09 (9)	0,31 ± 0,09 (9)	1,38 ± 1,18 (9)	0,56 ± 0,30 (36)
2019-2	0,20 ± 0,23 (9)	0,14 ± 0,13 (9)	0,23 ± 0,24 (9)	0,54 ± 0,27 (9)	0,28 ± 0,11 (36)
2019-3	0,63 ± 0,67 (9)	0,25 ± 0,30 (9)	0,39 ± 0,51 (9)	0,46 ± 0,50 (9)	0,43 ± 0,22 (36)
2019-4	0,09 ± 0,00 (3)	0,09 ± 0,00 (6)	0,09 ± 0,00 (6)	0,13 ± 0,05 (6)	0,10 ± 0,01 (21)
Geral do Ponto	0,26 ± 0,11 (57)	0,17 ± 0,05 (60)	0,23 ± 0,08 (60)	0,50 ± 0,20 (60)	0,29 ± 0,06 (237)
Nitrato (mg/L)					
2018-2	0,23 ± 0,08 (9)	0,27 ± 0,14 (9)	0,30 ± 0,16 (9)	0,26 ± 0,13 (9)	0,27 ± 0,06 (36)
2018-3	0,29 ± 0,24 (9)	0,14 ± 0,06 (9)	0,19 ± 0,05 (9)	0,19 ± 0,10 (9)	0,20 ± 0,06 (36)
2018-4	0,10 ± 0,02 (9)	0,15 ± 0,10 (9)	0,19 ± 0,06 (9)	0,18 ± 0,09 (9)	0,15 ± 0,03 (36)
2019-1	0,30 ± 0,09 (9)	0,40 ± 0,18 (9)	0,40 ± 0,25 (9)	0,29 ± 0,09 (9)	0,35 ± 0,07 (36)
2019-2	0,53 ± 0,35 (9)	0,54 ± 0,26 (9)	0,41 ± 0,18 (9)	0,42 ± 0,19 (9)	0,48 ± 0,11 (36)
2019-3	0,37 ± 0,43 (9)	0,45 ± 0,31 (9)	0,75 ± 0,82 (9)	0,37 ± 0,32 (9)	0,48 ± 0,22 (36)
2019-4	0,07 ± 0,00 (3)	0,10 ± 0,03 (6)	0,09 ± 0,02 (6)	0,10 ± 0,03 (6)	0,09 ± 0,01 (21)
Geral do Ponto	0,29 ± 0,09 (57)	0,30 ± 0,07 (60)	0,35 ± 0,12 (60)	0,27 ± 0,06 (60)	0,3 ± 0,04 (237)
Nitrito (mg/L)					
2018-2	0,05 ± 0,01 (9)	0,09 ± 0,03 (9)	0,09 ± 0,02 (9)	0,08 ± 0,02 (9)	0,08 ± 0,01 (36)
2018-3	0,04 ± 0,01 (9)	0,16 ± 0,02 (9)	0,18 ± 0,03 (9)	0,12 ± 0,03 (9)	0,13 ± 0,02 (36)
2018-4	0,07 ± 0,02 (9)	0,08 ± 0,01 (9)	0,11 ± 0,02 (9)	0,08 ± 0,04 (9)	0,08 ± 0,01 (36)
2019-1	0,06 ± 0,01 (9)	0,09 ± 0,02 (9)	0,09 ± 0,01 (9)	0,06 ± 0,00 (9)	0,08 ± 0,01 (36)
2019-2	0,12 ± 0,08 (9)	0,23 ± 0,10 (9)	0,27 ± 0,11 (9)	0,19 ± 0,12 (9)	0,20 ± 0,05 (36)
2019-3	0,11 ± 0,06 (9)	0,15 ± 0,06 (9)	0,18 ± 0,07 (9)	0,11 ± 0,03 (9)	0,14 ± 0,03 (36)
2019-4	0,11 ± 0,00 (3)	0,15 ± 0,06 (6)	0,18 ± 0,05 (6)	0,15 ± 0,01 (6)	0,15 ± 0,02 (21)
Geral do Ponto	0,08 ± 0,02 (57)	0,13 ± 0,02 (60)	0,16 ± 0,02 (60)	0,11 ± 0,02 (60)	0,12 ± 0,01 (237)
Nitrogênio Total (mg/L)					
2018-2	-	-	-	-	-
2018-3	-	-	-	-	-
2018-4	0,28 ± 0,13 (6)	0,29 ± 0,13 (6)	0,31 ± 0,12 (6)	0,29 ± 0,10 (6)	0,29 ± 0,05 (24)
2019-1	0,63 ± 0,44 (9)	0,55 ± 0,35 (9)	0,73 ± 0,40 (9)	1,67 ± 1,45 (9)	0,89 ± 0,37 (36)
2019-2	0,95 ± 0,85 (9)	0,80 ± 0,66 (9)	1,08 ± 0,99 (9)	1,43 ± 1,36 (9)	1,06 ± 0,43 (36)
2019-3	0,99 ± 0,3 (9)	1,71 ± 0,49 (9)	1,22 ± 0,43 (9)	2,86 ± 0,86 (9)	1,70 ± 0,34 (36)
2019-4	1,49 ± 0,64 (3)	2,18 ± 0,36 (6)	2,57 ± 0,57 (6)	3,30 ± 0,18 (6)	2,51 ± 0,32 (21)
Geral do Ponto	0,81 ± 0,24 (36)	1,09 ± 0,28 (39)	1,14 ± 0,32 (39)	1,93 ± 0,53 (39)	1,25 ± 0,19 (153)

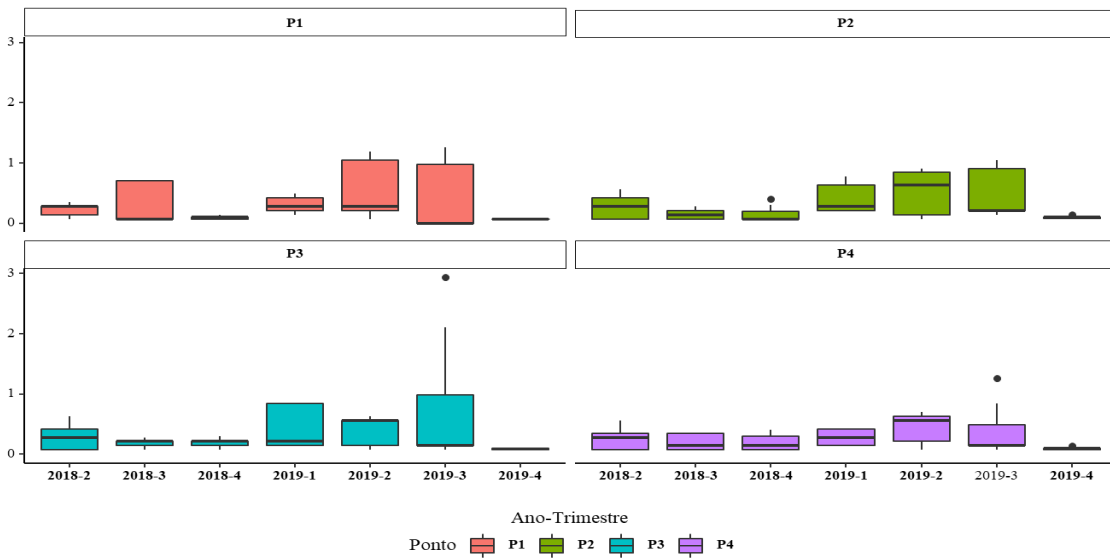
Média amostral e a semi-amplitude do intervalo de confiança da média populacional ao nível de confiança de 95%. O hífen significa que nestes trimestres a análise destas variáveis não foi realizada.

Figura 13- Valores de média ± erro padrão de Amônia Total das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



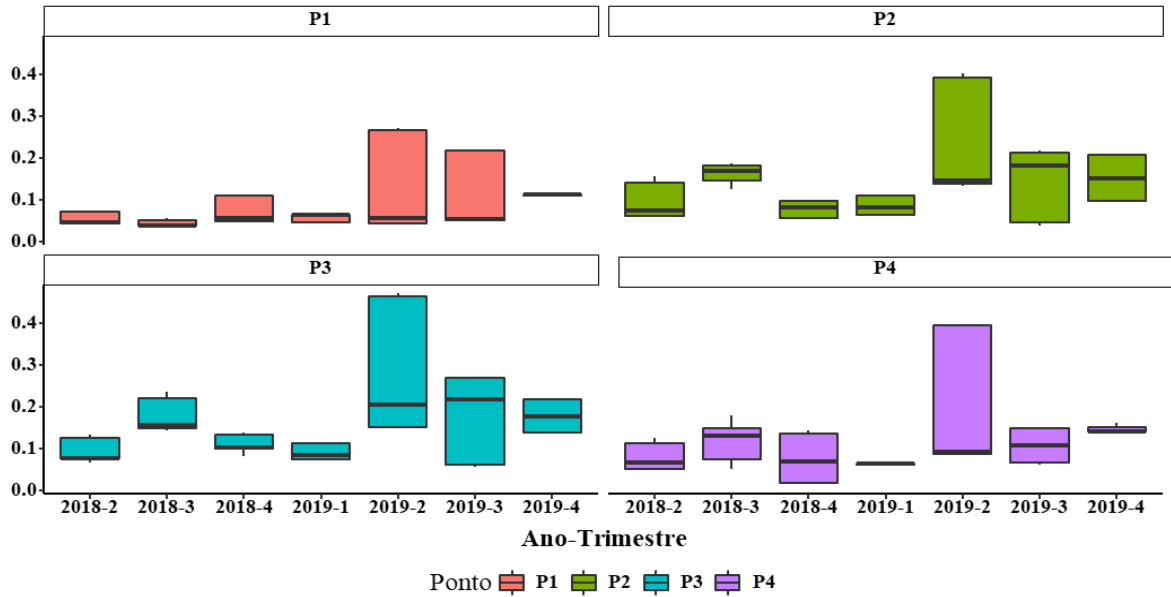
Fonte: Autora (2020).

Figura 14 - Valores de média ± erro padrão de nitrato das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



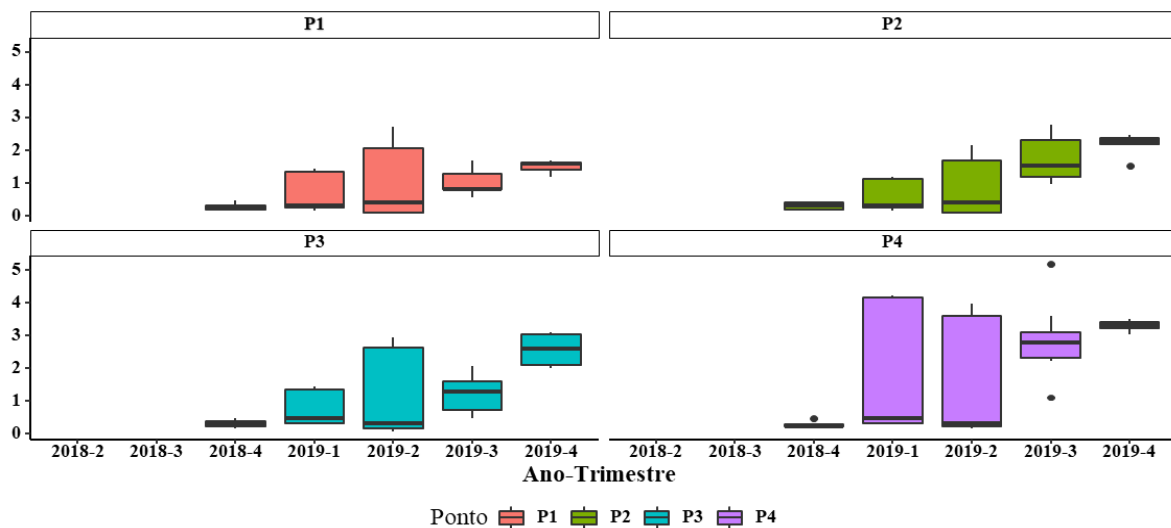
Fonte: Autora (2020).

Figura 15- Valores de média \pm erro padrão de nitrito das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



Fonte: Autora (2020).

Figura 16- Valores de média \pm erro padrão de Nitrogênio Total Kjeldhal (NTK) das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



Fonte: Autora (2020).

4.1.1.2 Dureza total, alcalinidade total e condutividade elétrica

Os resultados das variáveis físico químicas de dureza total, alcalinidade total e condutividade elétrica estão apresentados na Tabela 5 e Figuras 17, 18 e 19, respectivamente.

No ponto 1 os valores de dureza total variaram de $18,00 \pm 1,39$ a $46,44 \pm 17,01$ mg/L CaCO_3 , sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $26,64 \pm 3,87$ mg/L CaCO_3 . No ponto 2 os níveis variaram de $17,67 \pm 6,66$ a $33,56 \pm 11,03$ mg/L CaCO_3 , com média geral desse ponto de $25,06 \pm 2,45$ mg/L CaCO_3 . Já no ponto 3 variaram de $14,67 \pm 9,99$ a $33,89 \pm 9,32$ mg/L CaCO_3 , sendo a média geral desse ponto $26,28 \pm 2,60$ mg/L CaCO_3 . E no ponto 4 variaram de $22,78 \pm 13,40$ a $45,33 \pm 2,14$ mg/L CaCO_3 , sendo a média geral desse ponto de $31,15 \pm 4,10$ mg/L CaCO_3 .

Os valores de dureza total encontrados no presente trabalho corroboram com os estudos de Silva (2014) e Sippert (2018), estudando águas de viveiros de piscicultura, os quais obtiveram valores que oscilaram de 4 a 50 mg/L CaCO_3 , e ainda valores mais elevados de dureza total, foram encontrados no efluente final.

A variável de alcalinidade total no ponto 1 os valores foram de $7,53 \pm 2,38$ a $26,37 \pm 1,62$ mg/L CaCO_3 , sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $14,52 \pm 2,30$ mg/L CaCO_3 . No ponto 2 variaram de $7,78 \pm 1,26$ a $26,18 \pm 1,39$ mg/L CaCO_3 , sendo a média geral desse ponto de $13,69 \pm 2,18$ mg/L CaCO_3 . Já no ponto 3 variaram de $6,40 \pm 4,49$ a $24,67 \pm 3,3$ mg/L CaCO_3 , sendo a média geral desse ponto $13,17 \pm 2,18$ mg/L CaCO_3 . E no ponto 4 os variaram de $8,10 \pm 2,06$ a $47,46 \pm 4,31$ mg/L CaCO_3 sendo a média geral desse ponto de $21,31 \pm 3,56$ mg/L CaCO_3 .

Os valores encontrados para a alcalinidade total, variaram de 6,40 a 47,46 mg/L de CaCO_3 nos quatro pontos amostrados (Tabela 2). Valores aproximados foram encontrados por Martins (2016) e Sippert (2018), em estudos da qualidade da água em viveiro de piscicultura, onde obterem em média um valor de 20 mg/L CaCO_3 .

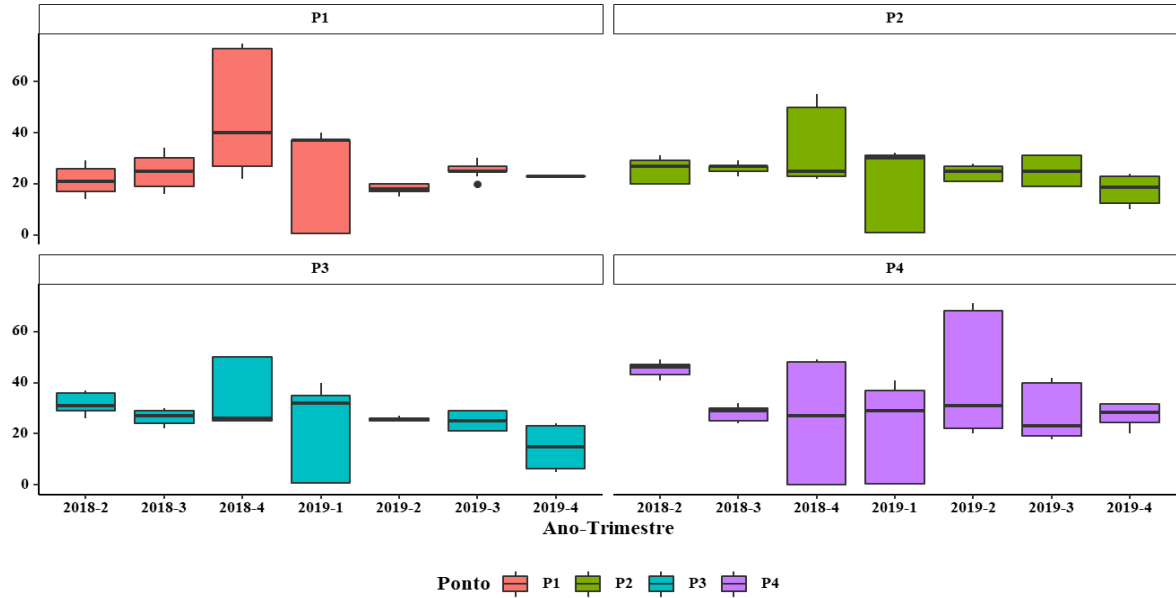
A FUNASA (2014) e Leira et al. (2017) salientam que elevados valores de alcalinidade são oriundos da presença de sais minerais dissolvidos na água, tais como os carbonatos (CaCO_3) e bicarbonatos (HCO_3^-) e que valores entre 20 e 300 mg/L CaCO_3 dessa variável, indica boas quantidades destes sais minerais para a piscicultura orgânica na água, os quais estão relacionados com a decomposição da matéria orgânica aliada à elevada atividade respiratória do meio. Além de que níveis adequados de alcalinidade, proporcionam um eficiente tamponamento da água, evitando mudanças bruscas de pH.

Tabela 5– Variáveis de dureza total, alcalinidade total e condutividade elétrica.

Ano - Trimestre	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Geral da Época
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)					
2018-2	21,22 ± 4,21 (9)	25,22 ± 3,58 (9)	31,56 ± 3,05 (9)	45,33 ± 2,14 (9)	30,83 ± 3,44 (36)
2018-3	24,67 ± 5,01 (9)	26,33 ± 1,39 (9)	26,00 ± 2,37 (9)	28,00 ± 2,31 (9)	26,25 ± 1,36 (36)
2018-4	46,44 ± 17,01 (9)	33,56 ± 11,03 (9)	33,89 ± 9,32 (9)	25,22 ± 16,23 (9)	34,78 ± 6,36 (36)
2019-1	25,15 ± 14,28 (9)	20,79 ± 11,60 (9)	23,50 ± 13,21 (9)	22,78 ± 13,40 (9)	23,05 ± 5,56 (36)
2019-2	18,00 ± 1,39 (9)	24,39 ± 2,19 (9)	25,67 ± 0,58 (9)	40,44 ± 17,00 (9)	27,13 ± 4,59 (36)
2019-3	25,56 ± 2,24 (9)	25,00 ± 4,01 (9)	24,78 ± 2,92 (9)	27,56 ± 7,96 (9)	25,72 ± 2,06 (36)
2019-4	23,00 ± 0,00 (3)	17,67 ± 6,66 (6)	14,67 ± 9,99 (6)	27,50 ± 5,22 (6)	20,38 ± 3,73 (21)
Geral do Ponto	26,64 ± 3,87 (57)	25,06 ± 2,45 (60)	26,28 ± 2,60 (60)	31,15 ± 4,10 (60)	27,29 ± 1,65 (237)
Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃)					
2018-2	11,68 ± 2,53 (9)	11,55 ± 1,61 (9)	11,05 ± 0,72 (9)	23,1 ± 6,30 (9)	14,34 ± 2,28 (36)
2018-3	8,29 ± 0,87 (9)	7,78 ± 1,26 (9)	7,78 ± 1,33 (9)	8,10 ± 2,06 (9)	7,99 ± 0,61 (36)
2018-4	16,20 ± 3,10 (9)	11,68 ± 1,30 (9)	16,01 ± 3,79 (9)	15,82 ± 6,74 (9)	14,93 ± 1,89 (36)
2019-1	20,65 ± 10,63 (9)	17,83 ± 11,41 (9)	17,70 ± 10,99 (9)	23,98 ± 9,85 (9)	20,04 ± 4,60 (36)
2019-2	7,53 ± 2,38 (9)	11,17 ± 6,66 (9)	6,40 ± 4,49 (9)	17,45 ± 8,86 (9)	10,64 ± 2,96 (36)
2019-3	18,83 ± 6,51 (9)	13,81 ± 4,00 (9)	12,43 ± 4,21 (9)	21,97 ± 9,91 (9)	16,76 ± 3,08 (36)
2019-4	26,37 ± 1,62 (3)	26,18 ± 1,39 (6)	24,67 ± 3,3 (6)	47,46 ± 4,31 (6)	31,86 ± 4,77 (21)
Geral do Ponto	14,52 ± 2,30 (57)	13,69 ± 2,18 (60)	13,17 ± 2,18 (60)	21,31 ± 3,56 (60)	15,69 ± 1,35 (237)
Condutividade elétrica (µS/cm)					
2018-2	46,81 ± 6,54 (9)	57,66 ± 4,84 (9)	60,28 ± 5,26 (9)	95,45 ± 10,48 (9)	65,05 ± 6,95 (36)
2018-3	42,23 ± 23,35 (9)	38,04 ± 19,13 (9)	38,11 ± 18,77 (9)	42,59 ± 21,67 (9)	40,24 ± 8,79 (36)
2018-4	47,63 ± 26,30 (9)	39,15 ± 20,70 (9)	45,35 ± 25,16 (9)	46,55 ± 26,83 (9)	44,67 ± 10,53 (36)
2019-1	104,24 ± 47,78 (9)	73,35 ± 11,2 (9)	74,52 ± 2,59 (9)	98,06 ± 21,62 (9)	87,54 ± 12,25 (36)
2019-2	46,92 ± 7,06 (9)	55,58 ± 2,77 (9)	80,87 ± 25,73 (9)	93,91 ± 38,06 (9)	69,32 ± 11,75 (36)
2019-3	55,57 ± 3,54 (9)	52,08 ± 0,14 (9)	55,47 ± 0,65 (9)	65,52 ± 12,30 (9)	57,16 ± 3,20 (36)
2019-4	60,59 ± 1,97 (3)	62,44 ± 2,19 (6)	103,17 ± 41,68 (6)	132,25 ± 34,39 (6)	93,76 ± 18,18 (21)
Geral do Ponto	57,41 ± 9,63 (57)	53,62 ± 4,89 (60)	63,51 ± 7,77 (60)	79,54 ± 10,57 (60)	63,6 ± 4,33 (237)

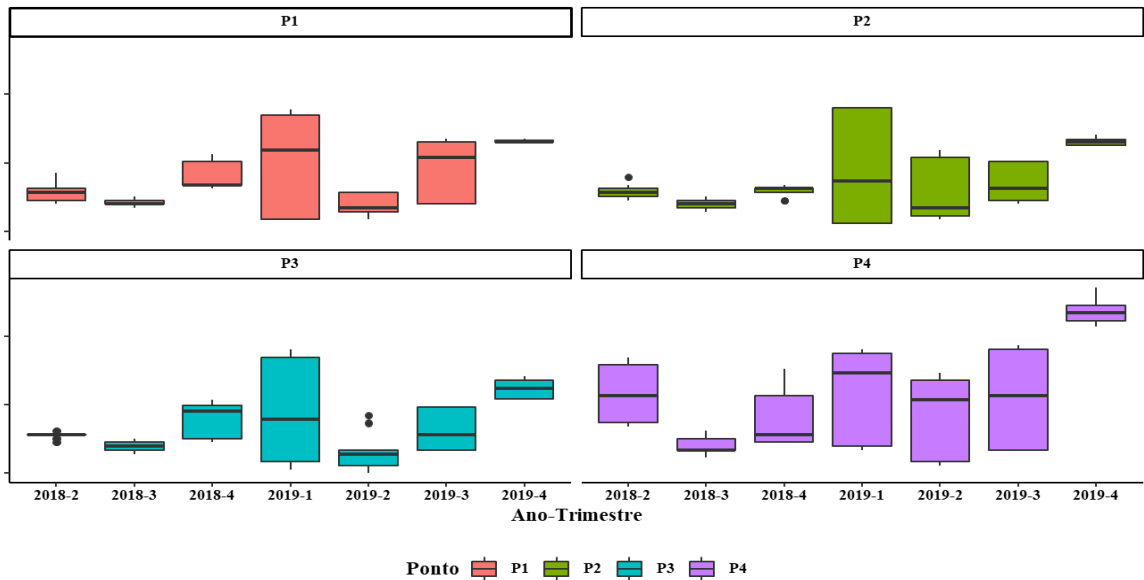
Média amostral e a semi-amplitude do intervalo de confiança da média populacional ao nível de confiança de 95%.

Figura 17 - Valores de média \pm erro padrão de Dureza Total das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



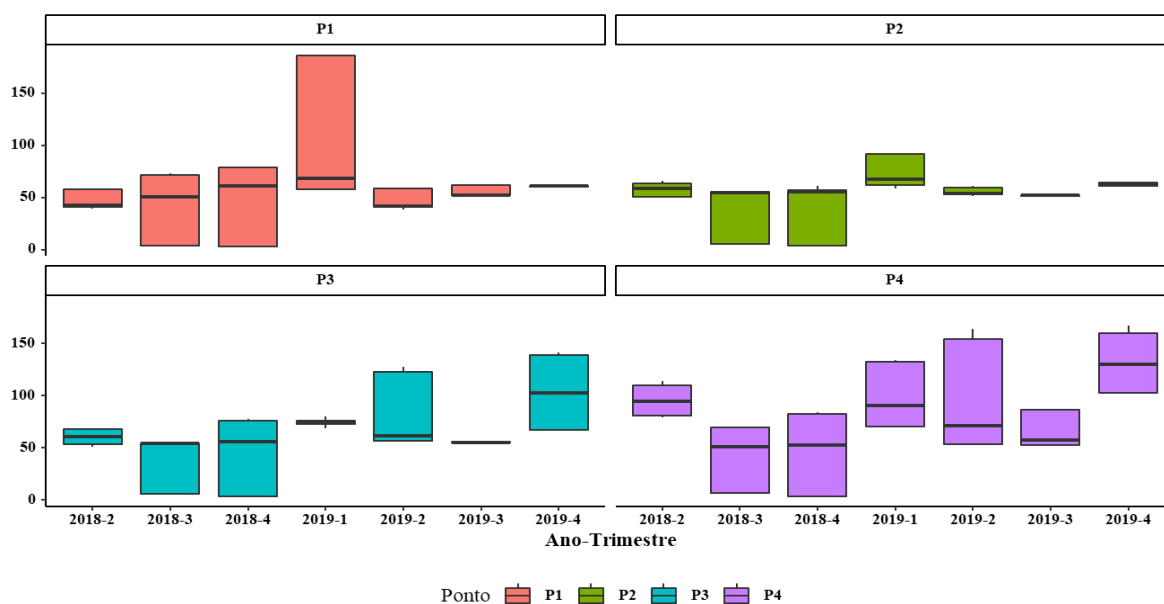
Fonte: Autora (2020).

Figura 18- Valores de média \pm erro padrão de Alcalinidade Total das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



Fonte: Autora (2020).

Figura 19- Valores de média \pm erro padrão de Condutividade Elétrica das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



Fonte: Autora (2020).

Houve alteração de valores na água de entrada (nascente) e efluente final do viveiro de piscicultura estudado, para a alcalinidade total, o que pode estar relacionada ao alimento artificial (ração) ofertado aos peixes do viveiro de criação intensiva, que contém na sua composição Carbonato de Cálcio (CaCO_3) e que quando não consumido é desagregado na água, podendo aumentar os níveis de alcalinidade total do viveiro (BALDISSEROTTO, NETO, 2004; GOLOMBIESKI et al., 2003), podendo também atribuir o fato à realização de calagem no viveiro em estudo (BALDISSEROTTO, NETO, 2004).

Já na variável de condutividade elétrica, no ponto 1 os valores ficaram de $42,23 \pm 23,35$ a $104,24 \pm 47,78 \mu\text{S/cm}$, sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $57,41 \pm 9,63 \mu\text{S/cm}$. No ponto 2 os níveis variaram de $38,04 \pm 19,13$ a $73,35 \pm 11,2 \mu\text{S/cm}$, sendo a média geral de $53,62 \pm 4,89 \mu\text{S/cm}$. Já no ponto 3 variaram de $38,11 \pm 18,77$ a $103,17 \pm 41,68 \mu\text{S/cm}$, sendo a média geral desse ponto $63,51 \pm 7,77 \mu\text{S/cm}$. E no ponto 4 os valores oscilaram de $42,59 \pm 21,67$ a $132,25 \pm 34,39 \mu\text{S/cm}$, sendo a média geral desse ponto de $79,54 \pm 10,57 \mu\text{S/cm}$.

A variável de condutividade elétrica segundo Leira et al. (2017), fornece importantes informações sobre o metabolismo do tanque, detectando fontes poluidoras no sistema. Conforme a CETESB (2016), valores de condutividade elétrica maiores que $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados.

No presente estudo, os valores de condutividade elétrica foram mais elevados no efluente final do viveiro (P4), pois neste local são concentradas todas as águas oriundas dos demais viveiros da propriedade rural, o que provavelmente explica os maiores níveis de condutividade elétrica encontrados nesse ponto de coleta de água. Segundo Minello et al. (2010), valores indicados de condutividade elétrica para criação de peixes varia de 20 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, desta forma, o presente estudo encontra-se em conformidade com a faixa indicada.

Mallasen et al. (2012), Martins (2016) e Sippert (2018), no monitoramento realizado em águas de um viveiro de piscicultura, encontraram valores semelhantes de condutividade elétrica, os quais se aproximam dos resultados encontrados no presente estudo.

4.1.1.3 Temperatura, pH, oxigênio dissolvido e Demanda bioquímica de oxigênio

Os resultados das variáveis físico químicas de temperatura, pH, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) estão apresentados na Tabela 6 e Figuras 20, 21, 22 e 23, respectivamente.

No ponto 1 os valores de temperatura variaram de $15,00 \pm 2,40$ a $22,67 \pm 2,69^\circ\text{C}$, sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $19,9 \pm 1,03^\circ\text{C}$. No ponto 2 variaram de $15,67 \pm 1,02$ a $25,2 \pm 1,92^\circ\text{C}$, e a média geral desse ponto de $21,01 \pm 0,90^\circ\text{C}$. Já no ponto 3 variaram de $15,33 \pm 1,39$ a $23,82 \pm 2,1^\circ\text{C}$, com a média geral desse ponto $20,68 \pm 0,88^\circ\text{C}$. E no ponto 4 os níveis variaram de $16,33 \pm 1,02$ a $23,93 \pm 1,93^\circ\text{C}$ sendo a média geral desse ponto de $20,93 \pm 0,78^\circ\text{C}$.

Os valores de temperatura dos pontos 1, 2, 3 e 4, respectivamente, mostraram algumas variações nos meses amostrados de 15 a 21°C . A temperatura mais baixa foi encontrada no terceiro trimestre de 2018, a qual pode ter sofrido influência direta da temperatura ambiente, mas, em geral, no decorrer do estudo a média da temperatura foi de 20°C . O presente estudo corrobora com estudos realizados por Storck (2017) e Maldaner (2019), obtendo variações de temperaturas próximas.

A temperatura é considerada como uma variável de extrema importância na atividade de piscicultura, em virtude de que os peixes alteram a sua temperatura corporal com a da água, influenciando diretamente no desenvolvimento dos mesmos (LEIRA et al., 2017).

Para variável pH no ponto 1 os valores variaram de $6,14 \pm 0,34$ a $7,71 \pm 0,42$, sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $6,83 \pm 0,17$. No ponto 2 variaram de $6,67 \pm 0,18$ a $7,06 \pm 0,30$, sendo a média geral desse ponto de $6,84 \pm 0,09$. Já no ponto 3 variaram de

6,63 ± 0,19 a 7,28 ± 0,77, com média geral desse ponto 6,81 ± 0,14. E no ponto 4 variaram de 6,41 ± 0,25 a 7,27 ± 0,87, e média geral desse ponto de 6,73 ± 0,17.

A concentração de bases e ácidos na água determina o pH e alguns fatores que possivelmente causam mudança de pH na água são: respiração, fotossíntese, adubação, calagem e poluição. Os peixes sobrevivem e crescem melhor em água com pH entre 6 – 9. Contudo, alterações bruscas no pH da água podem provocar mortalidades em peixes, especialmente em espécies que apresentam maior dificuldade de estabelecer o equilíbrio osmótico ao nível das brânquias (LEIRIA et al., 2017).

Mercante et al. (2007) em estudo da qualidade da água em viveiro, encontraram valores de pH de 5,6 a 7,9, que concordam com o presente estudo que encontrou valores de 6,14 a 7,71.

Já na variável de oxigênio dissolvido no ponto 1 os níveis variaram de 0,98 ± 0,72 a 4,16 ± 0,61 mg/L, sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de 2,74 ± 0,36 mg/L. No ponto 2 variaram de 1,99 ± 0,54 a 5,90 ± 0,44 mg/L, com média geral desse ponto de 4,29 ± 0,49 mg/L. Já no ponto 3 variaram de 1,65 ± 0,87 a 5,13 ± 1,42 mg/L, e a média geral desse ponto 3,52 ± 0,43 mg/L. E no ponto 4 os níveis variaram de 0,82 ± 0,33 a 6,59 ± 3,7 mg/L com média geral desse ponto de 2,73 ± 0,78 mg/L.

Valores encontrados para variável de oxigênio dissolvido, de forma geral foram de 0,82 a 6,59 mg/L nos quatro pontos amostrados, e valores mais baixos foram encontrados nos primeiros trimestres de 2019. Neste caso, é possível constatar que a variável de oxigênio dissolvido está relacionada com a temperatura da água, pois ambas possuem relação inversamente proporcional, o que se pode observar no primeiro trimestre de 2019, o qual as temperaturas apresentaram-se mais elevadas. A elevação da temperatura provoca a menor solubilidade de gases (ESTEVES, 2011; VON SPERLING, 2014; VAZ et al., 2015).

Os resultados encontrados por Mercante et al. (2007) com valores aproximados para OD, estão de acordo com o presente estudo, apresentando uma baixa concentração nas primeiras horas da manhã devido a relação entre a atividade fotossintética das algas e a dinâmica do oxigênio no sistema estudado.

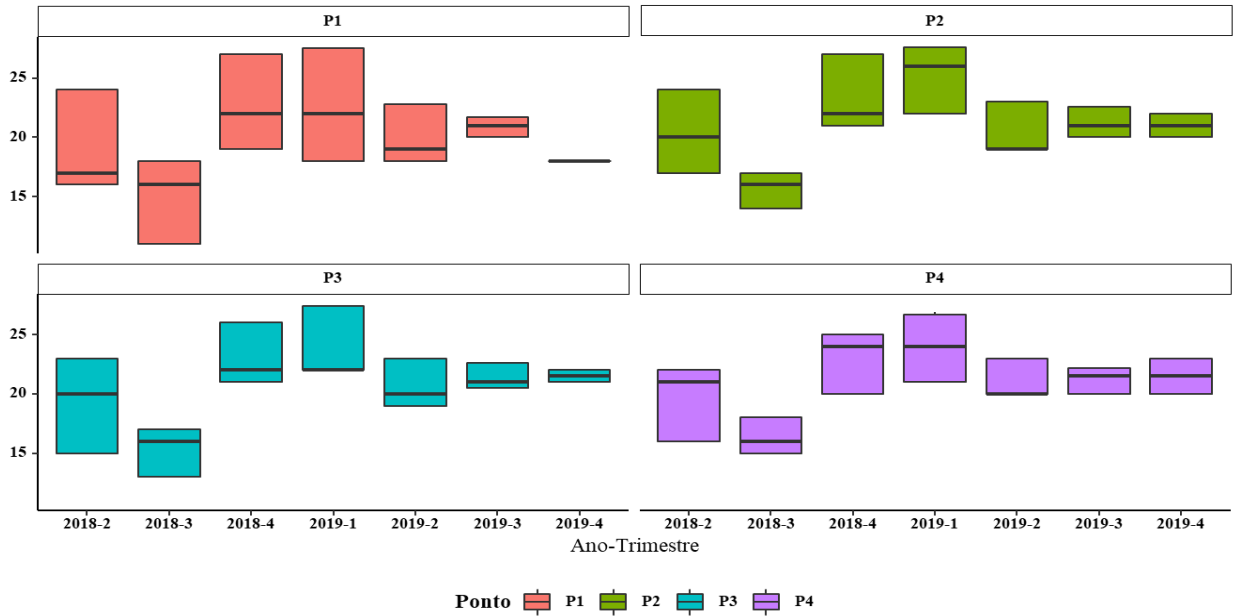
A variável de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no ponto 1 oscilou de 0,18 ± 0,23 a 6,20 ± 3,19 mg/L, sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de 3,30 ± 0,77 mg/L. No ponto 2 os níveis variaram de 2,50 ± 1,84 a 5,56 ± 2,18 mg/L, sendo a média geral de 4,40 ± 0,52 mg/L. Já no ponto 3 os níveis variaram de 1,30 ± 0,96 a 4,50 ± 1,93 mg/L, com média geral desse ponto 2,63 ± 0,48 mg/L. E no ponto 4 os níveis variaram de 0,00 ± 0,00 a 5,50 ± 2,98 mg/L, e média geral desse ponto de 1,76 ± 0,65 mg/L.

Tabela 6 - Variáveis de Temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Ano - Trimestre	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Geral da Época
Temperatura (°C),					
2018-2	19,00 ± 2,90 (9)	20,33 ± 2,34 (9)	19,33 ± 2,69 (9)	19,67 ± 2,14 (9)	19,58 ± 1,08 (36)
2018-3	15,00 ± 2,40 (9)	15,67 ± 1,02 (9)	15,33 ± 1,39 (9)	16,33 ± 1,02 (9)	15,58 ± 0,68 (36)
2018-4	22,67 ± 2,69 (9)	23,33 ± 2,14 (9)	23,00 ± 1,76 (9)	23,00 ± 1,76 (9)	23,00 ± 0,90 (36)
2019-1	22,51 ± 3,19 (9)	25,20 ± 1,92 (9)	23,82 ± 2,1 (9)	23,93 ± 1,93 (9)	23,87 ± 1,04 (36)
2019-2	19,93 ± 1,69 (9)	20,33 ± 1,54 (9)	20,67 ± 1,39 (9)	21,00 ± 1,15 (9)	20,48 ± 0,63 (36)
2019-3	20,90 ± 0,57 (9)	21,20 ± 0,87 (9)	21,37 ± 0,73 (9)	21,23 ± 0,75 (9)	21,18 ± 0,32 (36)
2019-4	18,00 ± 0,00 (3)	21,00 ± 1,15 (6)	21,50 ± 0,57 (6)	21,50 ± 1,72 (6)	20,86 ± 0,72 (21)
Geral do Ponto	19,90 ± 1,03 (57)	21,01 ± 0,90 (60)	20,68 ± 0,88 (60)	20,93 ± 0,78 (60)	20,64 ± 0,44 (237)
pH (Unidades)					
2018-2	6,71 ± 0,30 (9)	6,81 ± 0,34 (9)	6,63 ± 0,19 (9)	6,41 ± 0,25 (9)	6,64 ± 0,13 (36)
2018-3	6,74 ± 0,42 (9)	6,89 ± 0,36 (9)	6,93 ± 0,25 (9)	7,27 ± 0,87 (9)	6,96 ± 0,23 (36)
2018-4	7,08 ± 0,38 (9)	7,06 ± 0,30 (9)	6,87 ± 0,25 (9)	6,86 ± 0,20 (9)	6,96 ± 0,13 (36)
2019-1	7,71 ± 0,42 (9)	6,88 ± 0,26 (9)	6,69 ± 0,46 (9)	6,88 ± 0,82 (9)	7,04 ± 0,26 (36)
2019-2	6,14 ± 0,34 (9)	6,67 ± 0,18 (9)	7,28 ± 0,77 (9)	6,73 ± 0,18 (9)	6,71 ± 0,23 (36)
2019-3	6,50 ± 0,21 (9)	6,70 ± 0,21 (9)	6,65 ± 0,18 (9)	6,44 ± 0,16 (9)	6,57 ± 0,09 (36)
2019-4	7,10 ± 0,00 (3)	6,92 ± 0,13 (6)	6,52 ± 0,14 (6)	6,47 ± 0,10 (6)	6,70 ± 0,12 (21)
Geral do Ponto	6,83 ± 0,17 (57)	6,84 ± 0,09 (60)	6,81 ± 0,14 (60)	6,73 ± 0,17 (60)	6,80 ± 0,07 (237)
OD (mg/L)					
2018-2	4,16 ± 0,61 (9)	5,36 ± 0,21 (9)	4,22 ± 0,15 (9)	1,04 ± 0,38 (9)	3,69 ± 0,57 (36)
2018-3	2,30 ± 0,64 (9)	1,99 ± 0,54 (9)	1,65 ± 0,87 (6)	3,00 ± 2,09 (9)	2,29 ± 0,56 (33)
2018-4	2,94 ± 1,07 (9)	4,27 ± 1,45 (9)	3,36 ± 0,94 (9)	6,59 ± 3,7 (9)	4,29 ± 1,01 (36)
2019-1	0,98 ± 0,72 (9)	2,88 ± 1,60 (9)	2,50 ± 1,58 (9)	0,82 ± 0,33 (9)	1,79 ± 0,59 (36)
2019-2	3,56 ± 0,70 (9)	6,10 ± 0,87 (9)	5,13 ± 1,42 (9)	2,01 ± 1,25 (9)	4,2 ± 0,71 (36)
2019-3	2,77 ± 0,80 (9)	4,04 ± 0,83 (9)	3,58 ± 0,95 (9)	2,48 ± 0,83 (9)	3,22 ± 0,42 (36)
2019-4	1,87 ± 0,76 (3)	5,90 ± 0,44 (6)	3,65 ± 0,75 (6)	3,43 ± 3,45 (6)	3,98 ± 1,00 (21)
Geral do Ponto	2,74 ± 0,36 (57)	4,29 ± 0,49 (60)	3,52 ± 0,43 (57)	2,73 ± 0,78 (60)	3,32 ± 0,28 (234)
DBO (mg/L)					
2018-2	5,37 ± 1,99 (9)	5,56 ± 2,18 (9)	4,43 ± 2,07 (9)	3,00 ± 2,41 (9)	4,59 ± 0,98 (36)
2018-3	6,20 ± 3,19 (4)	5,30 ± 0,84 (4)	4,5 ± 1,93 (4)	5,50 ± 2,98 (4)	5,38 ± 0,80 (16)
2018-4	4,50 ± 0,2 (9)	4,79 ± 1,61 (9)	1,9 ± 0,68 (9)	2,72 ± 1,44 (9)	3,48 ± 0,63 (36)
2019-1	0,18 ± 0,23 (6)	2,50 ± 1,84 (6)	1,3 ± 0,96 (6)	0,00 ± 0,00 (6)	1,00 ± 0,58 (24)
2019-2	0,22 ± 0,2 (9)	5,07 ± 0,4 (9)	2,34 ± 0,23 (9)	0,89 ± 1,36 (9)	2,13 ± 0,71 (36)
2019-3	3,64 ± 1,92 (9)	3,87 ± 0,3 (9)	2,61 ± 0,60 (9)	0,98 ± 0,93 (9)	2,78 ± 0,61 (36)
2019-4	4,00 ± 0,25 (3)	3,20 ± 1,14 (6)	1,55 ± 1,33 (6)	0,23 ± 0,30 (6)	2,00 ± 0,75 (21)
Geral do Ponto	3,30 ± 0,77 (49)	4,40 ± 0,52 (52)	2,63 ± 0,48 (52)	1,76 ± 0,65 (52)	3,02 ± 0,33 (205)

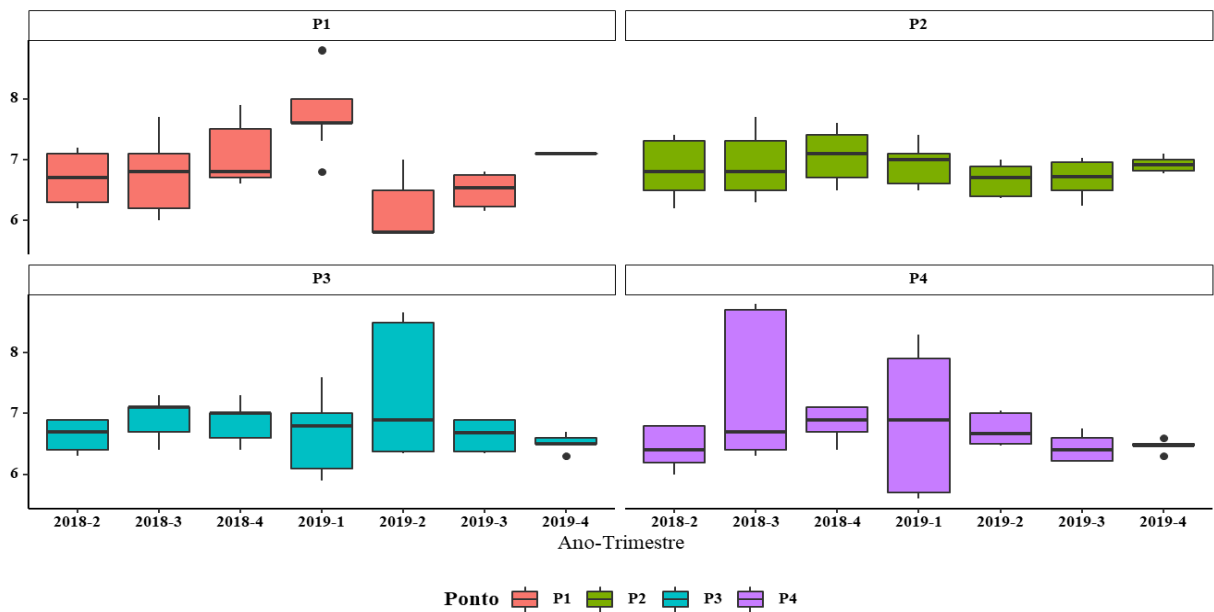
Média amostral e a semi-amplitude do intervalo de confiança da média populacional ao nível de confiança de 95%.

Figura 20- Valores de média \pm erro padrão de Temperatura das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



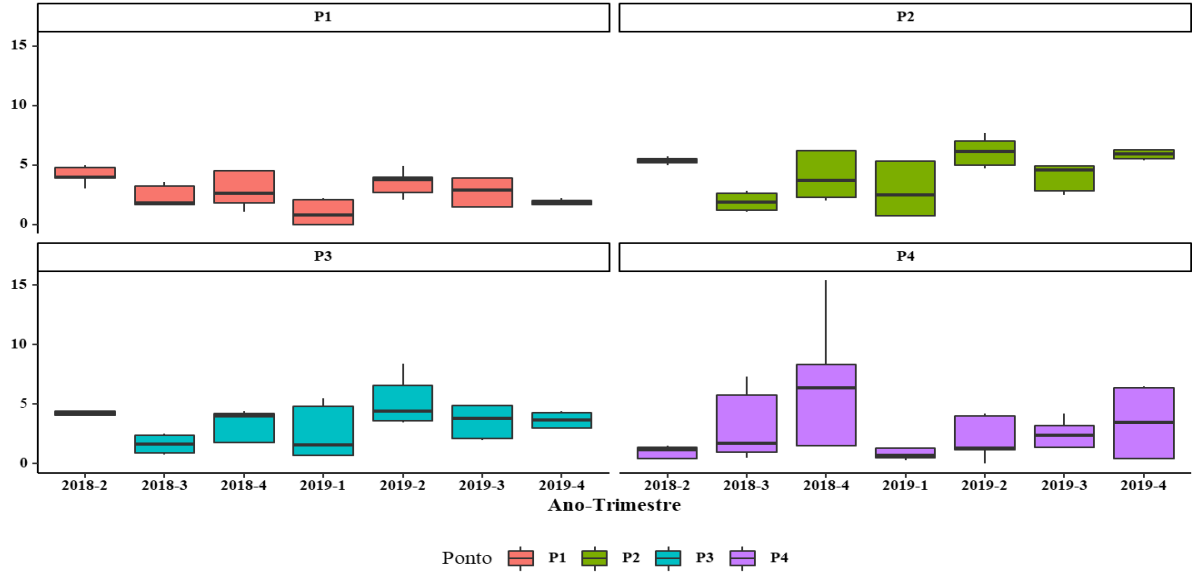
Fonte: Autora (2020).

Figura 21- Valores de média \pm erro padrão de pH das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



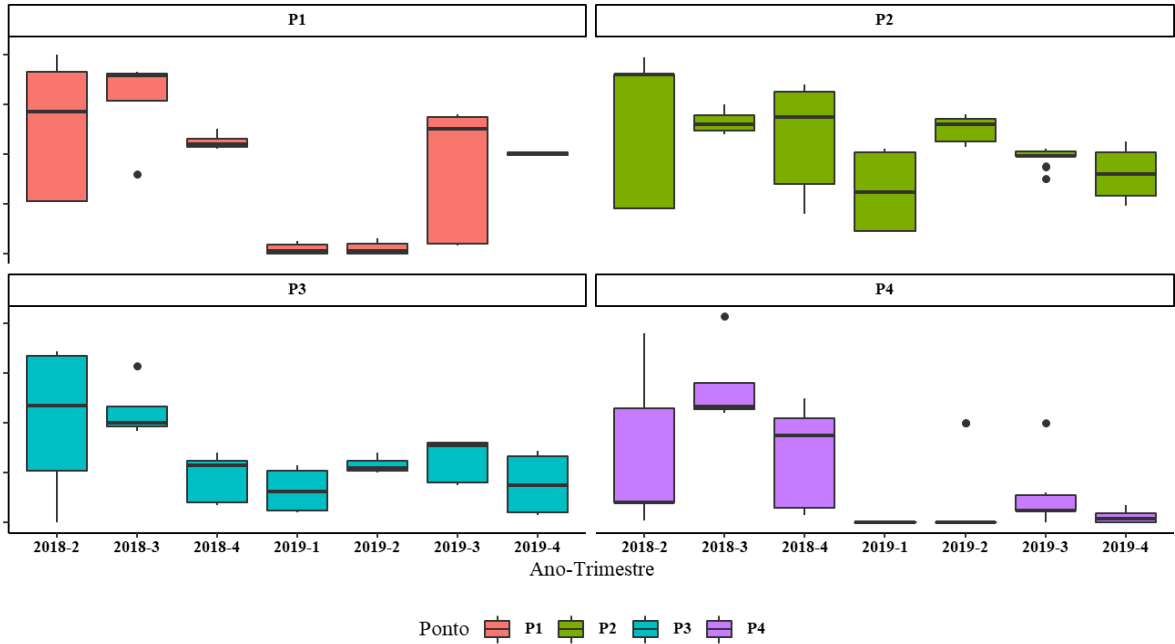
Fonte: Autora (2020).

Figura 22- Valores de média \pm erro padrão de Oxigênio dissolvido das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



Fonte: Autora (2020).

Figura 23 - Valores de média \pm erro padrão de Demanda Bioquímica de Oxigênio das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



Fonte: Autora (2020).

No presente estudo, os valores de DBO variaram de 0,00 a 6,20 mg/L. Valores mais altos de DBO são provocados por despejos de origem predominantemente matéria orgânica. De acordo com Assunção et al. (2017) a matéria orgânica no ambiente aquático é devido à disposição de algas e vegetais aquáticos, e animais, bactérias e fungos, e também através da sua introdução via externa (água de abastecimento). Essa matéria orgânica em decomposição libera o gás carbônico através dos processos de respiração e oxidação ocorridos no interior da água, este último pelas atividades metabólicas e ação de bactérias.

Quando há elevada concentração de matéria orgânica na água, esta pode interferir no completo esgotamento do oxigênio, vindo a provocar a mortalidade de peixes e outras formas de vida aquática, sendo ainda capaz de produzir sabores e odores desagradáveis nesta (CETESB, 2016). No decorrer do presente estudo, no viveiro de piscicultura, observou-se a mortalidade de alguns peixes, fato possivelmente relacionado com a alta concentração de DBO encontrada no decorrer no estudo.

4.1.1.4 Fósforo total, turbidez e sólidos totais.

Os resultados das variáveis físico químicas de fósforo total, turbidez, sólidos totais estão apresentados na tabela 7 e Figuras 24, 25 e 26, respectivamente.

No ponto 1 os valores de fósforo total variaram de $0,09 \pm 0,04$ a $0,23 \pm 0,07$ mg/L, sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $0,15 \pm 0,02$ mg/L. No ponto 2 variaram de $0,10 \pm 0,05$ a $0,28 \pm 0,05$ mg/L, sendo a média geral desse ponto de $0,18 \pm 0,02$ mg/L. Já no ponto 3 variaram de $0,12 \pm 0,06$ a $0,32 \pm 0,06$ mg/L, com média geral desse ponto $0,19 \pm 0,03$ mg/L. E no ponto 4 variaram de $0,12 \pm 0,02$ a $0,21 \pm 0,05$ mg/L, e a média geral desse ponto de $0,17 \pm 0,01$ mg/L.

Segundo Torres et al. (2017), o fósforo é um elemento essencial no crescimento de organismos em muitos ecossistemas. Vaz et al. (2015) complementam que quando presente no meio é ocasionado, principalmente, pela alimentação dos peixes e dos restos de ração não consumida, bem como os dejetos dos peixes cultivados.

O fósforo total obteve variação de 0,09 a 0,32 mg/L no decorrer dos meses amostrados no presente estudo. Sippert (2018), relata uma possível explicação de elevados níveis de fósforo que apresentam-se acima do permitido segundo a Resolução Conama 357/2005, onde, as concentrações mais elevadas podem estar associadas com outras variáveis físicos e químicas,

como a temperatura da água já que ocorre uma alteração no metabolismo dos peixes e conseqüentemente no consumo de alimento, elevando assim as taxas de excreção dos mesmos.

Osti et al. (2018) ressaltam que o avanço do ciclo vital dos peixes acarreta queda no metabolismo e aproveitamento nutricional pelos mesmos, em decorrência disto maximizam-se as perdas de ração e liberação de nutrientes no viveiro e em seu efluente.

A variável de turbidez no ponto 1 apresentou valores que variaram de $19,96 \pm 9,44$ a $178,22 \pm 26,7$ NTU, sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $58,14 \pm 16,64$ NTU. No ponto 2 variaram de $67,67 \pm 20,07$ a $190,33 \pm 14,25$ NTU, com a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $128,41 \pm 12,63$ NTU. Já no ponto 3 variaram de $70,78 \pm 16,54$ a $226,78 \pm 28,88$ NTU, e média geral desse ponto $151,03 \pm 15,64$ NTU. E no ponto 4 variaram de $50,56 \pm 16,74$ a $132,83 \pm 18,72$ NTU, sendo a média geral desse ponto de $91,68 \pm 11,27$ NTU.

Valores mais elevados de turbidez foram encontrados no fundo do viveiro (P3), o que pode ser explicado pelo número de peixes existentes no viveiro, e por serem de espécies que habitam mais no fundo deste. Portando, estes valores estão relacionados com o aporte de matéria orgânica advinda do arraçoamento, das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas e dos detritos inorgânicos, como areias e argilas presentes (Mercante et al., 2007). Para Silva et al. (2007), altos valores de turbidez limitam a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio no meio aquático.

Para a variável turbidez no período estudado foram encontrados valores de 19,96 a 226,78 NTU. Storck (2017) e Maldaner (2019), estudando águas de viveiros de piscicultura encontraram valores de turbidez que concordam com o presente estudo, com valores aproximados de mínimos e máximos.

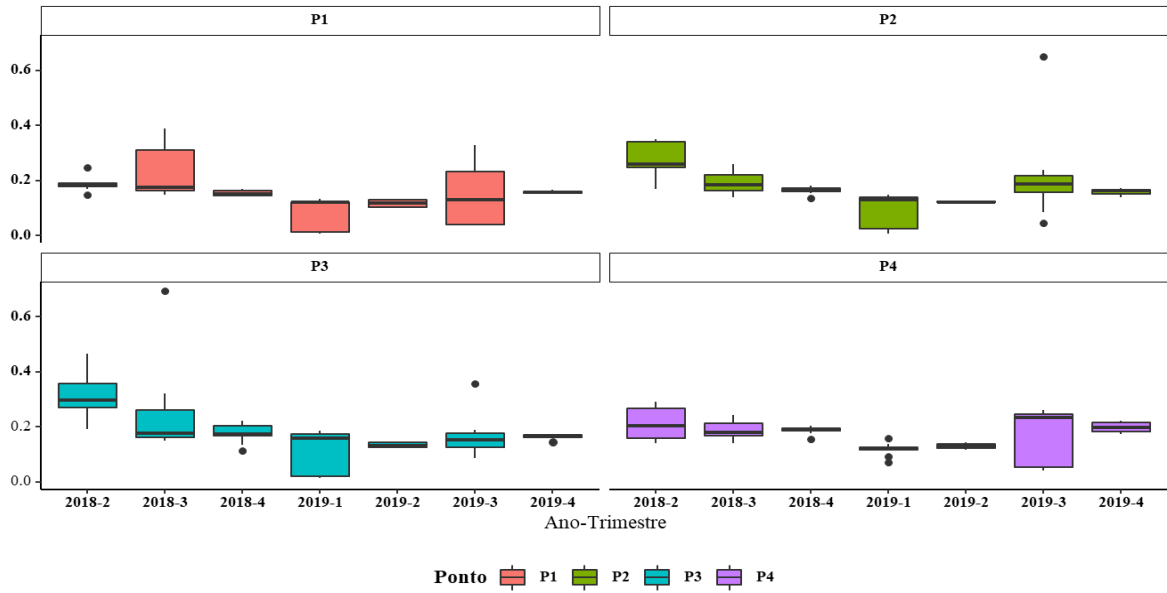
Já na variável de sólidos totais no ponto 1 os valores oscilaram de $150,00 \pm 57,48$ a $1044,44 \pm 172,36$ mg/L, sendo a média geral desse ponto no decorrer do estudo de $647,62 \pm 115,83$ mg/L. No ponto 2 variaram de $250,00 \pm 57,48$ a $983,33 \pm 389,38$ mg/L, com média geral desse ponto de $600,00 \pm 126,82$ mg/L. Já no ponto 3 variaram de $255,56 \pm 40,51$ a $1072,22 \pm 841,84$ mg/L, com média geral desse ponto de $653,33 \pm 186,01$ mg/L. E no ponto 4 os níveis variaram de $300,00 \pm 0,00$ a $1600,00 \pm 93,86$ mg/L, e média geral desse ponto de $889,78 \pm 201,50$ mg/L.

Tabela 7 - Variáveis de Fósforo total, turbidez e sólidos totais

Ano - Trimestre	P1	P2	P3	P4	Geral da Época
Fósforo Total (mg/L)					
2018-2	0,19 ± 0,02 (9)	0,28 ± 0,05 (9)	0,32 ± 0,06 (9)	0,21 ± 0,05 (9)	0,25 ± 0,03 (36)
2018-3	0,23 ± 0,07 (9)	0,19 ± 0,03 (9)	0,25 ± 0,13 (9)	0,19 ± 0,02 (9)	0,22 ± 0,03 (36)
2018-4	0,15 ± 0,01 (9)	0,17 ± 0,01 (9)	0,18 ± 0,03 (9)	0,19 ± 0,01 (9)	0,17 ± 0,01 (36)
2019-1	0,09 ± 0,04 (9)	0,10 ± 0,05 (9)	0,12 ± 0,06 (9)	0,12 ± 0,02 (9)	0,10 ± 0,02 (36)
2019-2	0,12 ± 0,01 (9)	0,12 ± 0,00 (9)	0,13 ± 0,01 (9)	0,13 ± 0,01 (9)	0,13 ± 0,00 (36)
2019-3	0,15 ± 0,09 (9)	0,22 ± 0,13 (9)	0,17 ± 0,06 (9)	0,17 ± 0,07 (9)	0,18 ± 0,04 (36)
2019-4	0,16 ± 0,02 (3)	0,16 ± 0,01 (6)	0,16 ± 0,01 (6)	0,20 ± 0,02 (6)	0,17 ± 0,01 (21)
Geral do Ponto	0,15 ± 0,02 (57)	0,18 ± 0,02 (60)	0,19 ± 0,03 (60)	0,17 ± 0,01 (60)	0,17 ± 0,01 (237)
Turbidez (NTU)					
2018-2	37,43 ± 23,79 (9)	123,78 ± 32,36 (9)	155,67 ± 54,39 (9)	61,44 ± 7,89 (9)	94,58 ± 21,65 (36)
2018-3	19,96 ± 9,44 (9)	163,11 ± 11,35 (9)	168,22 ± 24,99 (9)	117,44 ± 23,24 (9)	117,18 ± 21,87 (36)
2018-4	35,10 ± 14,1 (9)	74,67 ± 10,34 (9)	105,11 ± 8,14 (9)	75,78 ± 20,47 (9)	72,66 ± 10,39 (36)
2019-1	27,33 ± 3,26 (9)	67,67 ± 20,07 (9)	70,78 ± 16,54 (9)	50,56 ± 16,74 (9)	54,08 ± 8,83 (36)
2019-2	20,63 ± 10,98 (9)	146,72 ± 21,72 (9)	183,78 ± 25,76 (9)	97,41 ± 49,82 (9)	112,14 ± 24,59 (36)
2019-3	178,22 ± 26,7 (9)	190,33 ± 14,25 (9)	226,78 ± 28,88 (9)	120,00 ± 27,17 (9)	178,83 ± 16,84 (36)
2019-4	148,67 ± 6,25 (3)	134,67 ± 16,1 (6)	144,83 ± 17,94 (6)	132,83 ± 18,72 (6)	139,05 ± 7,25 (21)
Geral do Ponto	58,14 ± 16,64 (57)	128,41 ± 12,63 (60)	151,03 ± 15,64 (60)	91,68 ± 11,27 (60)	107,94 ± 8,26 (237)
Sólidos Totais (mg/L)					
2018-2	-	-	-	-	-
2018-3	150,00 ± 57,48 (6)	250,00 ± 57,48 (6)	900,00 ± 574,80 (6)	300,00 ± 0,00 (6)	400,00 ± 167,06(24)
2018-4	733,33 ± 210,51 (9)	744,44 ± 464,57 (9)	1072,22 ± 841,84(9)	1016,67 ± 591,67(9)	891,67 ± 247,4 (36)
2019-1	783,33 ± 122,68 (6)	966,67 ± 127,09 (6)	716,67 ± 528,55 (6)	1600,00 ± 93,86 (6)	1016,67 ± 184,13 (24)
2019-2	311,11 ± 130,02 (9)	222,22 ± 51,24 (9)	255,56 ± 40,51 (9)	443,33 ± 187,73 (9)	308,06 ± 57,75 (36)
2019-3	1044,44 ± 172,36(9)	566,67 ± 121,54 (9)	533,33 ± 171,88 (9)	833,33 ± 675,60 (9)	744,44 ± 169,16(36)
2019-4	933,33 ± 143,42 (3)	983,33 ± 389,38 (6)	491,67 ± 297,60 (6)	1333,33 ± 143,38(6)	935,71 ± 185,90(21)
Geral do Ponto	647,62 ± 115,83(42)	600,00 ± 126,82(45)	653,33 ± 186,01(45)	889,78 ± 201,5 (45)	698,53 ± 80,98(177)

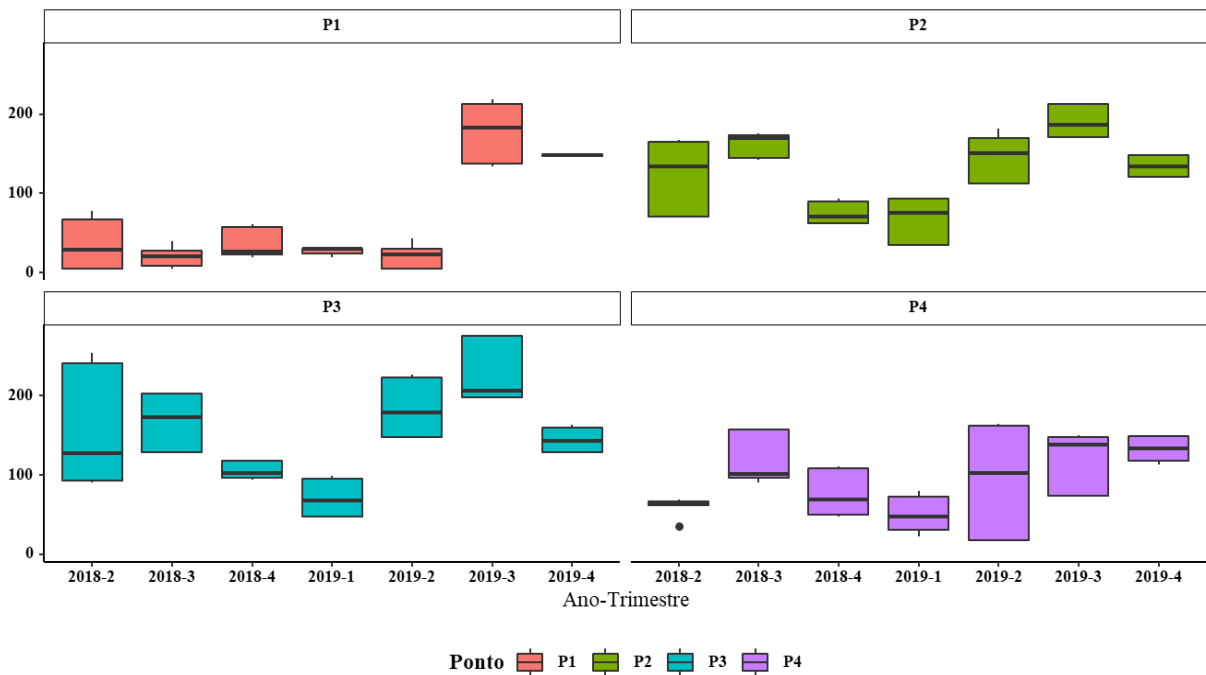
Média amostral e a semi-amplitude do intervalo de confiança da média populacional ao nível de confiança de 95%.
O hífen significa que nestes trimestres a análise destas variáveis não foi realizada.

Figura 24 - Valores de média \pm erro padrão de Fósforo Total das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



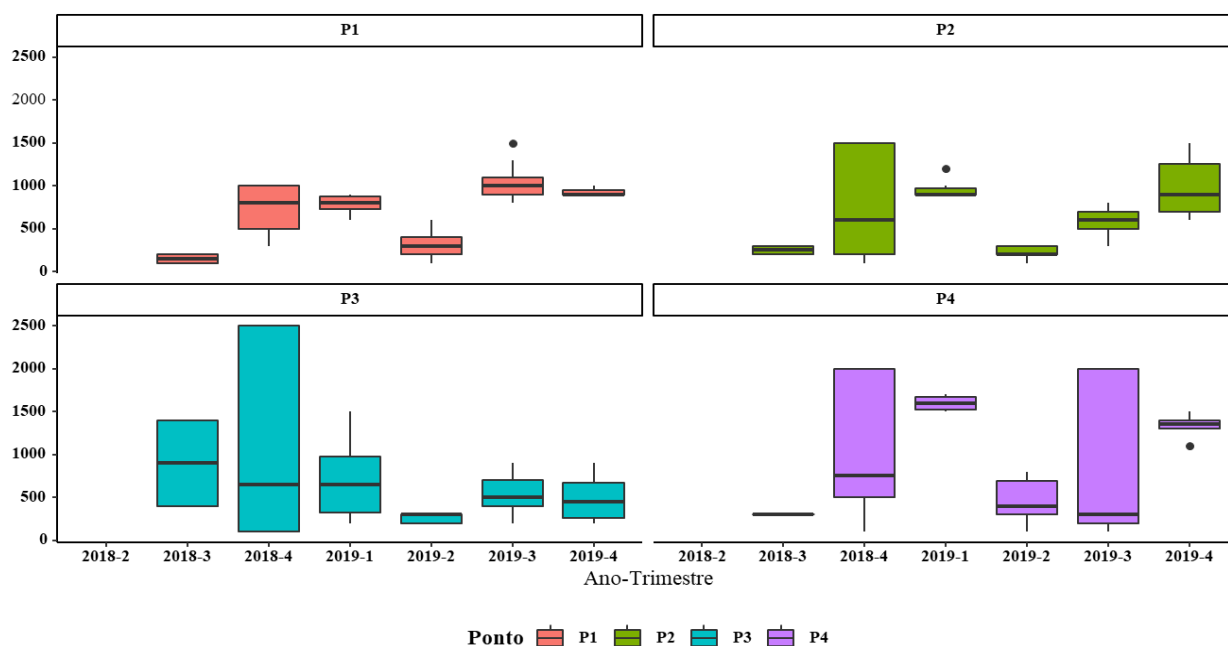
Fonte: Autora (2020).

Figura 25- Valores de média \pm erro padrão de Turbidez das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



Fonte: Autora (2020).

Figura 26 - Valores de média \pm erro padrão de Sólidos Totais das amostras de água nos pontos (P1, P2, P3 e P4) do viveiro, através de gráficos do tipo Box-Plot (diagramas de caixa), por trimestres.



Os sólidos totais, de maneira geral, apresentam-se elevados e com uma semi-amplitude do intervalo de confiança significativamente distantes, obtendo valores de 150 a 1600 mg/L. Esse fato, pode estar diretamente associado com a precipitação pluviométrica, em que no período com maior precipitação durante os trimestres amostrados (04/2018, 01/2019 e 04/2019), apresentaram maiores valores de sólidos totais, ocasionando arraste de materiais para dentro do viveiro e assim, alterando diretamente a qualidade da água.

O efluente final (P4), levando em consideração a média geral do ponto, apresentou os maiores valores de sólidos totais de $889,78 \pm 201,5$ mg/L durante o período amostrado. Silva (2007) em seu estudo na caracterização de impactos gerados pela piscicultura na qualidade da água encontrou valor de 369 mg/L, no efluente final de piscicultura.

No presente estudo a concentração de sólidos totais apresentou-se elevada, e acredita-se que pode estar relacionada com a decomposição das sobras de ração, da matéria orgânica e da contribuição dos arrastes de materiais para os viveiros. A literatura não recomenda valores máximos permissíveis em viveiros de criação de peixes e nem para lançamento (SILVA, 2007).

4.1.2 Variáveis microbiológicas

4.1.2.1 Coliformes totais e *Escherichia coli*

Os resultados do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e *E. coli* nos pontos de coleta de água do viveiro 1, 3 e 4 demonstraram que houve a presença destes microrganismos ao longo dos meses amostrados na faixa de <2 a >1.600.000 NMP/100 ml (Tabela 5). Acredita-se que esse fato está ligado à presença de animais de sangue quente (ovinos) que habitam nas proximidades do viveiro de piscicultura.

Resultados semelhantes foram encontrados por Sippert (2018) e Maldaner (2019) em estudos realizados em viveiros de piscicultura no interior dos Municípios de Taquaruçu do Sul e Cruz Alta/RS, respectivamente.

O presente estudo corrobora com Galvan et al. (2020), em estudo da análise ambiental macroscópica e a qualidade da água de nascentes na bacia do Rio São Domingos/SC, Brasil, onde apresentaram que em todas as nascentes a presença de *Escherichia coli*, indicando contaminação fecal, seja por esgoto doméstico e/ou fezes de animais, que chegam por escoamento superficial ou subterrâneo.

Assunção et al. (2017) revelaram que a água que apresentou *E. coli* no abastecimento do viveiro permaneceu contaminada dentro deste, podendo vir a atingir o recurso hídrico em que o efluente é liberado. Contudo, os autores asseguram que a presença de uma lagoa de sedimentação auxilia no tratamento de efluentes de piscicultura.

Tabela 8 - Análise de coliformes totais e *E. coli* (NMP/100mL) da água nos meses amostrados (Continuação...)

Pontos de coleta/Meses	P1	P3	P4
Coliformes Totais (NMP/100 mL)			
Maio/2018	>1.600.000	500.000	>1.600.000
Junho/2018	240.000	11.000	2.000
Julho/2018	50.000	60.000	130.000
Agosto/2018	27.000	<2	<2
Setembro/2018	>1.600.000	80.000	27.000
Outubro/2018	9.000	11.000	50.000
Novembro/2018	300.000	300.000	23.000
Dezembro/2018	>1.600.000	>1.600.000	>1.600.000
Janeiro/2019	-	-	-
Fevereiro/2019	900.000	500.000	70.000
Março/2019	<2	<2	<2

	(Conclusão)		
Abril/2019	<2	<2	<2
Mai/2019	220.000	240.000	500.000
Junho/2019	>1.600.000	>1.600.000	170.000
Julho/2019	280.000	7.000	110.000
Agosto/2019	3.000	17.000	23.000
Setembro/2019	300.000	220.000	13.000
Outubro/2019	6.000	33.000	350.000
Novembro/2019	900.000	33.000	22.000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)			
Mai/2018	300.000	130.000	130.000
Junho/2018	2.000	<2	<2
Julho/2018	<2	<2	<2
Agosto/2018	<2	<2	<2
Setembro/2018	>1.600.000	30.000	4.000
Outubro/2018	<2	8.000	<2
Novembro/2018	<2	<2	<2
Dezembro/2018	11.000	<2	<2
Janeiro/2019	-	-	-
Fevereiro/2019	<2	<2	<2
Março/2019	<2	<2	<2
Abril/2019	<2	<2	<2
Mai/2019	4.000	14.000	17.000
Junho/2019	<2	<2	2.000
Julho/2019	2.000	<2	4.000
Agosto/2019	<2	4.000	13.000
Setembro/2019	2.000	2.000	2.000
Outubro/2019	4.000	17.000	280.000
Novembro/2019	4.000	4.000	9.000

O hífen significa que nestes trimestres a análise destas variáveis não foi realizada.

Fonte: Autora, (2020)

.2 ANÁLISE MACROSCÓPICA

Os resultados obtidos na análise macroscópica estão apresentados na Tabela 9, juntamente com a classificação quanto ao seu grau de preservação.

Nos resultados obtidos da análise macroscópica, a nascente do viveiro (P1) foi classificada como péssima (classe E), pois esta água apresentou uma coloração escura, odor fraco, materiais flutuantes (galhos, grama e folhas), algumas vezes havia presença de espuma, além de não apresentar vegetação e proteção no entorno desta.

A nascente está localizada em uma área privada, e é utilizada para dessedentação de animais, e que no período de realização do presente estudo não estava sendo utilizada para consumo humano na propriedade.

Tabela 9 - Análise macroscópica da nascente do viveiro de piscicultura

Variáveis Macroscópicas	Nascente do viveiro (P1)
Cor da água	2
Odor	2
Resíduo ao redor	3
Materiais flutuantes	2
Espuma	2
Óleo	3
Esgoto	3
Vegetação (Preservação)	1
Uso por animais	1
Uso por humanos	3
Proteção local	1
Proximidade com residências (metros)	1
Tipo de área de inserção	2
Total	25
Classificação	Classe E (Péssima)

Fonte: Adaptado de Gomes, Melo e Vale (2005).

Estes resultados concordam com os encontrados em nascentes de água por Granoski (2019), Gomes (2019) e Lazzarotto et al. (2020, *no prelo*), em estudos realizados na mesma região, nos municípios de Planalto, Pinheirinho do Vale e Caiçara, respectivamente.

Rocha et al. (2017) afirmam que a falta de proteção das nascentes e a proximidade com residências e estabelecimentos (a menos de 50 ou 100 metros) são variáveis verificadas que certamente contribuem para influenciar negativamente os demais parâmetros.

4.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

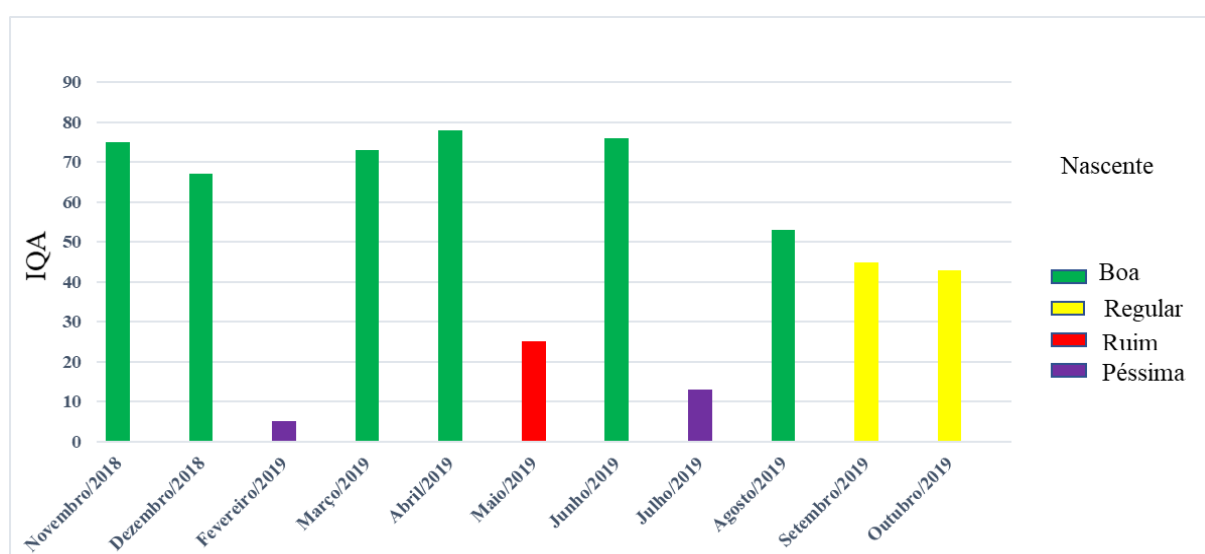
Os resultados do Índice de Qualidade da Água do viveiro estão apresentados nas Figuras 27, 28, 29 e 30. Nestas figuras encontram-se os valores calculados do IQA para os três pontos amostrados ao longo do estudo (P1, P3 e P4).

O IQA para o ponto 1 (nascente) no decorrer do estudo, mostrou que os pesos variaram de 5 a 78 (Figura 27). Apesar de ter ocorrido alterações em algumas variáveis componentes do

IQA, a média geral desse ponto foi de 50, classificando-se como Regular, pois se enquadra na faixa de 36 a 51 (Figura 11).

Pode-se dizer que os dois meses que apresentaram classificação Péssima (fevereiro/2019) e ruim (julho/2019), foram influenciados, no decorrer do estudo, principalmente pelas variáveis de coliformes termotolerantes (*E. coli*), OD, DBO e sólidos totais, contribuindo desta forma para a diminuição no peso.

Figura 27- IQA no Ponto de coleta 1 (P1) de água na nascente do viveiro.



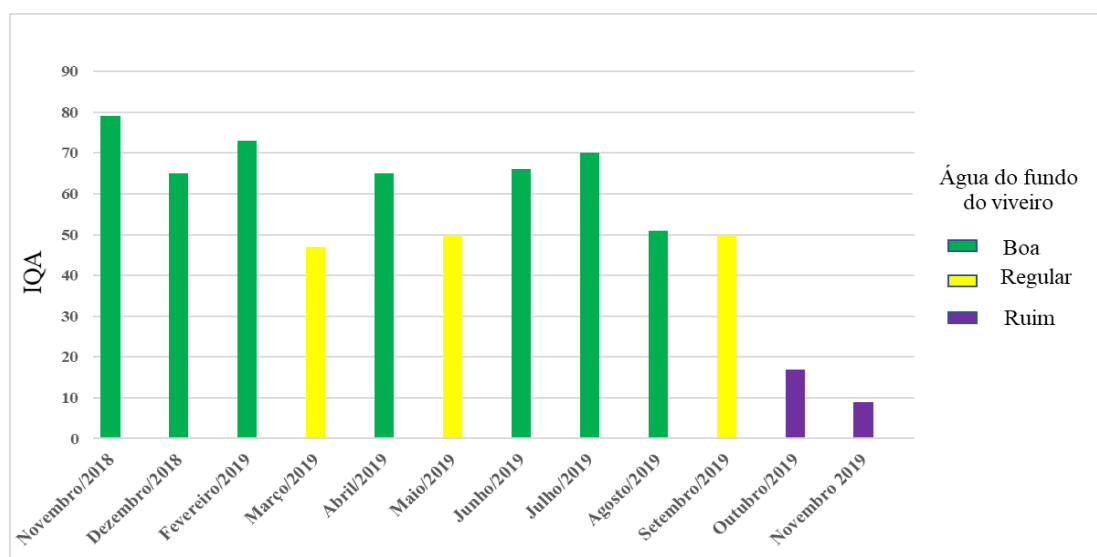
Fonte: Autora (2020).

Estes resultados estão de acordo com o que foi observado “*in loco*”, visto que a nascente não possuía nenhuma proteção no seu entorno, a qual se caracteriza com estrutura suscetível a algum tipo de contaminação, e que havia animais de sangue quente circulando por este local. Tal resultado está relacionado também com a análise macroscópica que demonstrou classificação péssima da nascente por não haver nenhuma proteção e vegetação no entorno.

Para o ponto 3, no monge do viveiro, local de maior profundidade de coleta de água, o IQA apresentou-se com pesos entre 9 a 79, variando entre classificações Boa, Regular e Péssima, obtendo como peso médio 53, sendo classificada de uma forma geral esta água como Boa (em nove meses amostrados) (Figura 28).

Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de Cicigliano (2009) que avaliou o IQA em piscicultura instalada com sistema de cultivo em tanques-rede em viveiro.

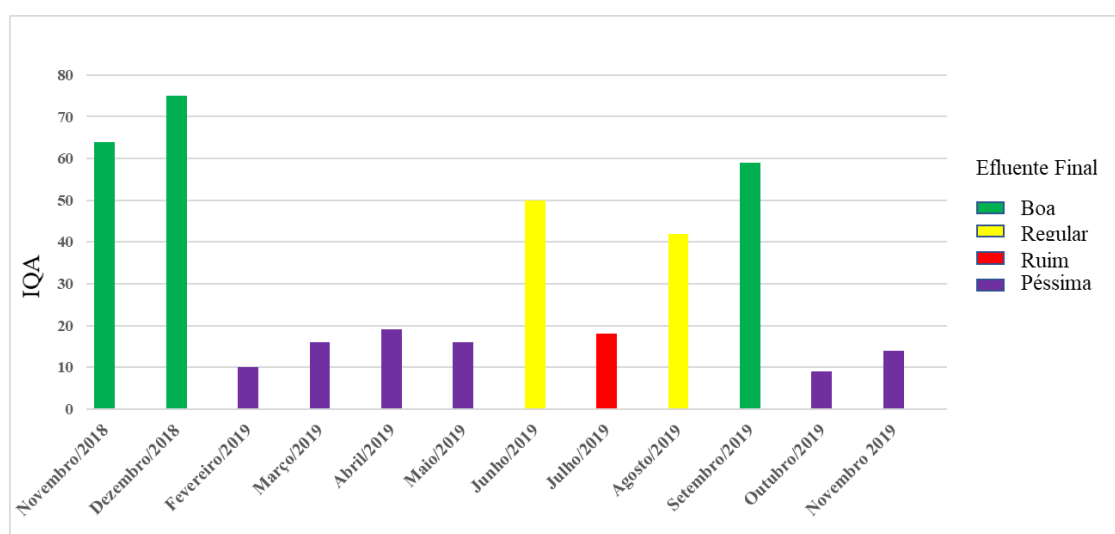
Figura 28– IQA no Ponto de coleta 3 (P3) de água do fundo do viveiro.



Fonte: Autora (2020).

No ponto 4, na junção do efluente final de água dos viveiros, o IQA durante os meses amostrados, variou de peso 9 a 75, ou seja, de classificação Boa, Regular e Péssima (Figura 11). O efluente final obteve um peso médio de 33, sendo classificado como Ruim conforme apresentado na Figura 29.

Figura 29- IQA no Ponto de coleta 4 (P4) de água na nascente do viveiro.



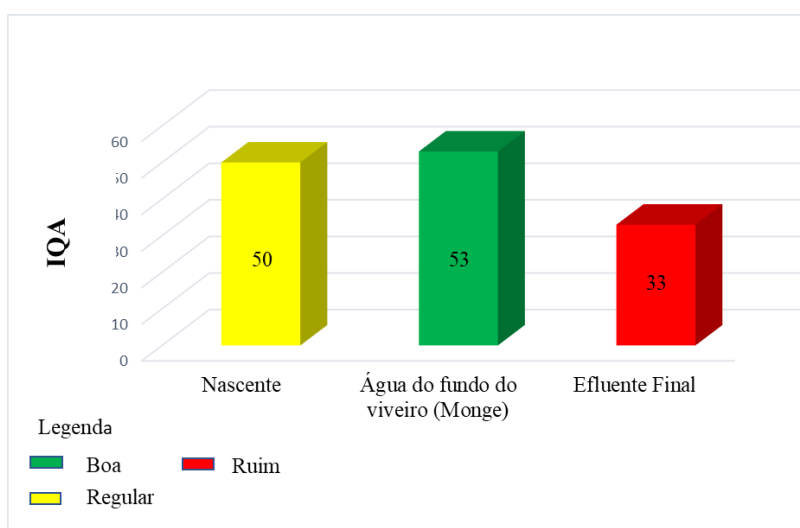
Fonte: Autora (2020).

Pode-se afirmar também que os resultados foram influenciados pelos valores elevados de coliformes termotolerantes (*E. coli*), DBO₅ e sólidos totais, entre esses meses amostrados, contribuindo para diminuição de peso do IQA.

De maneira geral, a água da nascente (P1) classificou-se como Regular, o fundo do viveiro (P3) como Boa e o efluente final (P4) como Ruim, durante os meses amostrados, conforme apresentados na Figura 30.

Em estudo de tratamento de efluentes de viveiros de piscicultura aplicando a tecnologia de eletrocoagulação, Silva (2013) mostrou que o nível de qualidade da água dos três açudes foram indicados como Ruim, no entanto o presente estudo corrobora com o estudo citado acima em relação ao efluente final, o qual também obteve tal classificação.

Figura 30– Média do IQA nos pontos amostrados no decorrer do estudo.



Fonte: Autora (2020).

Apesar de suas limitações o IQA é um índice de qualidade de água bastante empregado atualmente no Brasil, podendo ser utilizado como referência entre diferentes corpos d'água (CETESB, 2013C). É realizado no intuito de simplificar a interpretação dos valores encontrados das variáveis físico-químicas analisadas, pois de maneira geral é um índice de referência associado à qualidade da água bruta captada para o abastecimento público.

4.4 POTENCIAL DE REÚSO

Através das análises físico-químicas realizadas da água de saída do viveiro (P4), foi utilizado para esse estudo, a comparação dos resultados obtidos com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), para verificação das condições e padrões de qualidade da água doce a serem observados para a classificação dos corpos hídricos (Tabela 1).

Os resultados das variáveis físico-químicas da água do viveiro encontrados no presente estudo para o efluente final (P4) foram classificados (conforme Tabela 1) em: fósforo total: $0,17 \pm 0,01$ mg/L (CLASSE 4), Nitrato: $0,27 \pm 0,06$ mg/L, Nitrito $0,11 \pm 0,02$ mg/L, Amônia total $0,50 \pm 0,20$ mg/L, Oxigênio Dissolvido: $2,73 \pm 0,78$ mg/L (CLASSE 4), DBO₅: $1,76 \pm 0,65$, Turbidez: $91,68 \pm 11,27$ mg/L e pH $6,73 \pm 0,17$ mg/L.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL,2005) o efluente final, em função das concentrações de fósforo total e OD, classificaram-se como Classe 4. Segundo esta resolução, de acordo com o potencial de reuso, águas que se enquadram nesta classe podem ser destinadas para navegação e harmonia paisagística e usos menos exigentes.

4.5 DISPOSIÇÃO DO EFLUENTE NO CORPO RECEPTOR

Tratando-se das legislações que regulamentam especificamente a liberação de efluentes em corpos hídricos, apresentam-se na Tabela 2, as exigências dispostas na Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora, em âmbito nacional (BRASIL, 2011).

E também na Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA) nº 355/2017, que estabelece que os efluentes podem ser lançados direta ou indiretamente no corpo receptor desde que obedeçam, dentre outros, os critérios estabelecidos nela (Tabela 3) (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

Seguindo os padrões de qualidade da água conforme Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL,2011) e CONSEMA 355/2017 (Tabela 2 e 3), o efluente final (P4) dos viveiros de piscicultura encontra-se em conformidade com estabelecido pelas legislações vigentes. Desta forma, a água oriunda da piscicultura poderá ser lançada diretamente nos corpos d'água superficiais.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nesse estudo pode-se concluir que:

- Em relação as variáveis físico-químicas a atividade da piscicultura influencia diretamente na qualidade da água final do viveiro, principalmente, nas variáveis de fósforo total, oxigênio dissolvido e sólidos totais.
- De forma geral, as variáveis microbiológicas, em todos os pontos amostrados, apresentaram-se em desconformidade quando comparadas com as legislações vigentes.
- Através da análise macroscópica foi possível associar os resultados com as variáveis físico-químicas e também com IQA, indicando os impactos existentes na nascente da propriedade estudada.
- O IQA dos diferentes pontos estudados (P1, P3 e P4) no viveiro de piscicultura mostrou que a qualidade da água foi classificada como Boa, Regular e Ruim, respectivamente.
- De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) o efluente final da piscicultura pode ser destinado apenas para usos menos exigentes em relação a qualidade, pois foi classificada como Classe 4, podendo ser destinada apenas para navegação e harmonia paisagística, devido às altas concentrações de fósforo total e baixa concentração de oxigênio dissolvido. Por outro lado, este efluente poderia ser utilizado na propriedade rural para reuso agrícola.
- Conforme as resoluções CONSEMA 355/2017 e CONAMA 430/2011, a água oriunda do efluente final de piscicultura poderá ser lançada em corpo hídrico próximo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). HidroWeb: **sistemas de informações hidrológicas**. Disponível em: < <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 31 jun. 2020.

APHA. **Standard Methods for the Examination of water and wastewater**. 22 nd edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. Edited by: Eugene W. Rice Rodger B. Baird, Andrew D. Eaton, Lenore S. Clesceri. 2012.

APOLLO, C. B., NISHIJIMA, T. Educação Ambiental voltada à piscicultura praticada por pequenos produtores rurais. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental/ UFSM**, v. 2, n. 2, p. 214 – 224, 2011. Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/2780/1618>>. Acesso em: 22 mai. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

ASSUNÇÃO, A. W. A., JUNIOR, P. G., ALMEIDA, R. V., GASPAROTTO, Y., AMARAL, L. A. Utilização de macrófitas aquáticas de três diferentes tipos ecológicos para remoção de *Escherichia coli* de efluentes de criação de pacu. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 657 - 663, 2017. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n4/1809-4457-esa-s1413-41522017144278.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2020.

BALDISSEROTTO, B.; NETO, J. R. **Criação de Jundiá**. Santa Maria: UFSM, 2004. 232 p.

BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M.R. 2004 **Controle ambiental da água**. In: PHILIPPI, A.JR.; ROMÉRO, M.A.; BRUNA, G.C. Curso de gestão ambiental. Barueri: Manole. p.53-99.

BENEDETTI, E. **Água- Fonte da vida- Considerações**. Veterinária Notícias, Uberlândia, v. 18, n. 1, p. 1-5, jan./jun. 2013.

BRASIL, Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a política nacional de recursos hídricos**. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014.

BUZATTO, S. F. S. et al. **PLANO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE FREDERICO WESTPHALEN 2014/2024**. 2014. Disponível em:< <http://www.ufrgs.br/monitoramentopne/planos-municipais-de-educacao-rs/f/frederico-westphalen>>. Acesso em: 03 mar. 2020.

CARVALHO, R. C. **Análise matemática de investimentos em processos de despoluição de bacias hidrográficas**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambientais). Universidade Federal do Paraná. 2005.

CICIGLIANO, G. D. **Avaliação da qualidade da água em piscicultura com sistema de cultivo em tanques-rede no município de santa fé do sul-sp**. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98064/cicigliano_gd_me_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 jul. 2020.

COIMBRA, G. F. **Avaliação da Eficiência da Remoção de Nitrogênio Total e Carbono Orgânico Total com Flotador Físico-Químico em Efluente de Fábrica de Produtos para Nutrição Animal**. 2012. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2012. Disponível em:<

<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/425/1/GrasielaCoimbra.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB), **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Apêndice D - Índices de Qualidade das Águas, 2018. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf> >. Acesso em: 4 jun. 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB), **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem, 2016. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf> >. Acesso em: 4 jun. 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB), **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Apêndice C- 2013. Índices de Qualidade das Águas 2013. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-C-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas-.pdf> >. Acesso em: 4 jun. 2020.

COSTA, D. D. et al. A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: o panorama do problema no brasil, suas consequências e as soluções potenciais. **Rede: Revista Eletrônica do PRODEMA**, [S.L.], v. 10, n. 02, p. 49-61, 7 dez. 2016. REDE – Revista Eletronica do PRODEMA. <http://dx.doi.org/10.22411/rede2016.1002.04>.

CUNHA, N.G. et al. **Estudos de Solos do Município de Frederico Westphalen, RS. Frederico e: Embrapa, 2011**. Frederico Westphalen: Embrapa, 2011. 32 p. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/905019/7/CIRCULARTECNICA116.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2020.

DAMAME, D. B. **Vulnerabilidade ambiental e atributos do solo nas sub bacias do Rio das Pedras e Baixo Anhumas- Campinas/SP**. 2016. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2016.

EMBRAPA, **MEIO AMBIENTE**, Jaguariúna/SP, 2014. Disponível em:< <https://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=aquic:::29>>: Acesso em: 19 mar.2020.

GALVAN, K. A.; et al. Análise ambiental macroscópica e a qualidade da água de nascentes na bacia do Rio São Domingos/SC, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11(1), p. 165-176, 2020. Doi: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0016.

GOLOMBIESKI, J.I.; SILVA, L.V.F.; BALDISSEROTTO; B.; DA SILVA, J.H.S. Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities, and temperatures. **Aquaculture**, v.216, p.95-102, 2003.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia- MG: análise macroscópica. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, vol. 103-120, jun 2005.

GRANOSKI, G. **Avaliação da qualidade da água de poços de consumo humano no Município de Planalto – RS**. 2019. 60 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 2019.

ILVA, Neli Assunção. **Caracterização de impactos gerados pela piscicultura na qualidade da água: estudo de caso na bacia do rio cuiabá/mt**. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, Cuiabá, 2007.

LAZAROTTO, D. V. **Análise da potabilidade da água em poços rasos no município de Caiçara - RS, Brasil**. 2018. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 2018.

LAZAROTTO, D. V. et al. Análise da potabilidade da água em poços rasos no município de Caiçara no Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura (no prelo)**, 2020.

LEIRA, M. H., CUNHA, L. T., BRAZ, M. S., MELO, C. C. V., BOTELHO, H. A., REGHIM, L. S. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **PUBVET** v. 11, n. 1, p. 11 – 17, 2017. Disponível em: < <http://www.pubvet.com.br/uploads/917aff074367e4333b44c8551115a114.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3 ed. Campinas, SP. Editora Átomo, 2010.

LOPES, A. C., SANTOS, A. R., OLIVEIRA, F. A., SANTOS, G. M. A. D.A., DIAS, H. M., MENDONÇA, P. P. **Quantificação e contenção de compostos potencialmente poluentes provenientes da aquicultura moderna e suas origens**. Tópicos especiais em Ciência Animal VI, 2017.

MALDANER, L. C. **Avaliação da qualidade da água oriunda da piscicultura no Município de Cruz Alta-RS**. 2019. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária)- Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 2019.

MALLASEN, Margarete et al. Qualidade da água em sistema de piscicultura em tanques-rede no reservatório de ilha solteira, SP*. **Bol. Inst. Pesca**, São José do Rio Preto, p. 15-30, jan. 2012. Disponível em:< https://www.pesca.sp.gov.br/38_1_15-30.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2020.

- MARTINS, L. A. P. **Avaliação da qualidade da água de viveiros de piscicultura de pequeno porte associados à suinocultura**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016. Disponível em: <[https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/8289/1/DISSERTA%
c3%87%c3%83O_Avalia%
c3%a7%c3%a3oQualidadeAgua.pdf](https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/8289/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Avalia%c3%a7%c3%a3oQualidadeAgua.pdf)>. Acesso em: 25 ago.2020.
- MERCANTE, C.T.J.; MARTINS, Y.K.; CARMO, C.F.; OSTI, J.S.; MAINARDES PINTO, C.S.R.; TUCCI, A. Qualidade de água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. **Bioikos**, Campinas, v. 21, n. 2, p.79-88, 2007. Disponível em: < <http://revistas.bvs-vet.org.br/bioikos/article/viewFile/10199/10944>> Acesso em: 25 ago. 2020.
- MINELLO, M. C. S., PAÇÓ, A. L., CAETANO, L., CASTRO, R. S. D., FERREIRA, G., PEREIRA, A. S., PADILHA, P. M. & CASTRO, G. R. 2010. Avaliação sazonal de alguns parâmetros indicadores da qualidade de água no reservatório da usina hidrelétrica de Ilha Solteira-SP, Brasil. **Global Science and Technology**, 3, 98-104.
- MONTELLO, J. **Monografias Municipais Nova Serie - n.0 448: Município FREDERICO WESTPHALEN**. 1985. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/112/col_mono_ns_n448_fredericowestphalen.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2020.
- NOGUEIRA, C. G. **Avaliação da potabilidade da água em poços utilizados para consumo do Município de Pinheirinho do Vale -RS**. 2019. 75 p.. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 2019.
- NOGUEIRA, G. S. **Tratamento de efluente de aquicultura com macrófitas flutuantes: revisão sistêmica e metanálise**. 2019. 29 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2019. Disponível em: <http://131.255.84.103/bitstream/tede/4599/2/Gabriela_Nogueira_2019.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2020.
- NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. São Paulo, 2011, 565 p.
- OSTI, J. A. S., MORAES, M. A. B., CARMO, C. F., MERCANTE, C. T. J. Nitrogen and phosphorus flux from the production of Nile tilapia through the application of environmental indicators. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 78, n. 1, p. 25 – 31, 2018. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/bjb/v78n1/1519-6984-bjb-1519-698402116.pdf>>. Acesso em: 7 ago. 2020.
- PÁDUA, H. B. **Água e poluição pela aqüicultura**. 2003. Disponível: <www.setorpesqueiro.com.br>. Acesso: 02/04/2020.
- PREHN, J., WAUL, C. K., PEDERSEN, L. F., ARVIN, E. Impact of water boundary layer diffusion on the nitrification rate of submerged biofilter elements from a recirculating aquaculture system. **Water Research**, v. 46, n. 11, p. 3516 – 3524, 2012. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135412002278>>. Acesso em 14 jun. 2020.

QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. **Boas práticas de manejo (BPMs) para reduzir o acúmulo de amônia em viveiros de aquicultura.** Jaguariúna, SP: Embrapa Comunicado Técnico, n. 44, 2007.

REIS, J. A. T., MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 14 n. 3, p. 353 – 362, 2009. Disponível em: < http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v14n03/RESAv14n3_p353-62.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2020.

Resolução nº 357 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.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

RETELATTO, N. R.; FRINHANI, E. M. D. Validação do método para determinação de alcalinidade total em água. **Unoesc & Ciência**, Açaba, V, v. 6, n. 1, p. 99-106, 2015. Disponível em:< <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/5012/pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2020.

ROCHA, B. F.; FONSECA, A. R.; SOUSA, F.F. Análise Macroscópica e Parâmetros Microbiológicos de nascentes da área urbana de Cláudio, Minas Gerais, Brasil. **Conexão Ci.**, Divinópolis – Mg, v. 12, n. 13, p. 17-33, 31 dez. 2017.

SILVA, G. C., **Limnologia de viveiros escavados da base de piscicultura Carlos Eduardo Matiaze.** Presidente Médici – RO, 58 p. 2014. Monografia (Curso de Engenharia de Pesca), Universidade Federal de Rondônia, 2014.

SILVA, N. A. **Caracterização de impactos gerados pela piscicultura na qualidade da água: estudo de caso na bacia do rio cuiabá/mt.** 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

SILVA, O. P. V. **Tratamento de efluentes de tanques de piscicultura aplicando a tecnologia de eletrocoagulação.** 2013. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/07/Tratamento-de-efluentes-de-tanques-de-piscicultura-aplicando-a-tecnologia-de-eletrocoagula%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2020.

SILVA, V. S. **Uso do efluente da piscicultura na fertirrigação de olerícolas produzidas com base agroecológica.** 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agroecologia, Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista/RR, 2019.

SIPPERT, L. R. **Monitoramento da qualidade da água e avaliação do índice do estado trófico em piscicultura.** 2018. 87 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 2018.

SOUZA, F. C. ; SOARES, J. L. F. Análise da qualidade da água de uma piscicultura tradicional da comunidade do guajará no município de Cameté - PA. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 3964-3976, 2020. Brazilian Journal of Development. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n1-280>.

SOUZA, J. R. et al. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Rede - Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 26-45, abr. 2014. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217/51>>. Acesso em: 11 mar. 2020

STORCK, T.R. **Monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água em ambiente de criação de tilápia (oreochromis niloticus) e impacto desta atividade na qualidade da água**. 2017. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária)- Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 2017.

TELLES, D. D. A.; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. Coordenação. In: **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 1º ed. Blucher. São Paulo, 2007.

TORRES, I. A., SILVA, T. M. F., RODRIGUES, L. S., SILVA, I. J., COSTA, T. A., SOTO-BLANCO, B., MELO, M. M. Avaliação físico-química de amostras de água e sedimento e mata ciliar de uma piscicultura localizada em área agroindustrial à margem do Ribeirão da Mata (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 773 – 780, 2017. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n4/1809-4457-esa-s1413-41522017110861.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

VAZ, F. C., GIANTOMASO, P., SCUCATO, T., **Um estudo de caso sobre o impacto ambiental da Piscicultura**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

VIDAL, T. F.; NETO, J. C., Evolução temporal da qualidade da água do açude Gavião/CE e sua correlação com outros fenômenos. **Fórum Ambiental da Alta Paulista, Saúde, Saneamento e Meio Ambiente**, v. 10, n. 14, 2014. Disponível em: < http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/909/933>. Acesso em: 16 jun. 2020.

VIEIRA, B. M. **Avaliação da qualidade das águas e de sua compatibilidade com os usos em microbacias hidrográficas rurais com déficit hídrico quantitativo**. 2015. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10313/1/tese_9261_Dissertacao_Beatriz_IMPRESS%C3%83OFINAL.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2015.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

WALKER, I. C., DASSAN, K. R. F.O. **Determinação da matéria orgânica através de varredura espectral (UV) Coxim – MS**. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2016.

WEINBERG, A. **Uso de índices de qualidade de água para a caracterização da bacia hidrográfica do rio guandu**. 2013. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.drhima.poli.ufrj.br/images/documentos/tcc/2013/agatha-weinberg-2013.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2020.

WICKHAM, H. (2016). **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag: New York. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org>. Acesso em: 09 mar.2020.