



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**



AVILYN BARBARA GARCIA LOPES

**TRATAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA ATIVIDADE
PISCÍCOLA E O PANORAMA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUPÁ - RO**

Ji-Paraná

2018

AVILYN BARBARA GARCIA LOPES

**TRATAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA ATIVIDADE
PISCÍCOLA E O PANORAMA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUPÁ - RO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de Engenharia
Ambiental, Universidade Federal de
Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Me. Alberto DreschWebler
Co-orientadora: Edilene da Silva Pereira

Ji-Paraná

2018

DEDICATÓRIA

Dedico a minha avó Maria de Lourdes Lira Lopes e ao meu irmão Aricson Garcia Lopes por todo o incentivo aos meus estudos, vocês sempre serão meu maior referencial de dedicação e conhecimento. Dedico também aos meus pais Eliana Garcia e Adeval Lira Lopes e ao meu irmão mais novo Anderson Felipe Garcia Lopes que sempre me apoiaram e me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todas as oportunidades que a mim foram dadas, por me guiar em todos os momentos da minha vida, e por ser sempre o meu maior apoio.

A Universidade Federal de Rondônia (UNIR) pela oportunidade e por ser fundamental na conclusão de uma importante etapa em minha vida.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Ambiental da UNIR, por todos os ensinamentos e por serem grandes exemplos para todos os alunos.

Ao meu orientador Prof. Me. Alberto Dresch Webler, que com toda sabedoria e paciência me orientou e me incentivou. Obrigada por todas as opiniões e conselhos. O senhor é e sempre será um grande exemplo para mim.

Agradeço a professora Edilene da Silva Pereira, pela sua dedicação ao me co-orientar neste trabalho, e por ser tão engajada em tudo que faz.

Aos componentes da banca avaliadora, professora Elisabete Lourdes Nascimento e João Paulo Papaleo, pela disponibilidade e colaboração.

Agradeço aos meus amigos e companheiros de laboratório Pedro Bizerra Moura e Edimar Noiman Gonçalves Filho, por todo companheirismo, aprendizados e ensinamentos, vocês foram fundamentais.

Ao meu namorado, Yves Dias Brito por me incentivar nos momentos difíceis, pelos ensinamentos, e por ser meu grande apoio, meu companheiro e amigo.

Agradeço aos meus amigos Pedro Bizerra Moura, Edimar Noiman G. Filho, Jheiny Oliveira da Silva, Lorrán Marré Parlotte por todas as risadas, momentos, e contribuições com meu crescimento. Levarei vocês para sempre comigo.

Ao meu amigo Gabriel Freire Araújo pelo companheirismo e por sempre me ajudar nos momentos que precisei.

Agradeço a minha amiga Aline Coelho por sempre me incentivar e motivar durante esta etapa.

Aos meus colegas de sala Amanda Sobrinho Neves, Thiago Alves e Luiz Eduardo por toda a ajuda e ensinamentos.

Agradeço minha família (tias, tios e primos) por sempre estarem comigo, me motivando e me ensinando o real valor das coisas.

RESUMO

A piscicultura é uma modalidade da aquicultura que constitui um importante seguimento produtivo e que vem crescendo nos últimos anos no Brasil. Dentro do contexto nacional, o estado de Rondônia tem se destacado e atualmente ocupa o segundo lugar no ranking de produção de peixes do país e lidera o ranking de produção de peixes nativo. Os sistemas de cultivos de peixes geram poluentes provenientes principalmente da ração utilizada no manejo, de matéria orgânica e de nutrientes presentes nos tanques em função dos organismos aquáticos e suas excreções. Estes nutrientes, como nitrogênio e fósforo, quando em altas concentrações podem provocar a eutrofização artificial dos corpos hídricos, além de reduzir e alterar a biodiversidade do meio. Assim, se faz necessário o estudo de alternativas que visem o tratamento da água residuária oriunda desta atividade, antes do seu lançamento nos corpos hídricos. Diante disso, este trabalho teve a finalidade de analisar a eficiência do uso de dois sistemas, um em escala real e outro em escala de bancada, contendo MBBR para remoção de nitrogênio amoniacal. Foram desenvolvidas duas unidades experimentais (experimentos 1 e 2), no Laboratório de Saneamento (SANEAM) da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) campus de Ji-Paraná. O experimento 1 foi mantido em condições naturais sem aeração forçada, e instalado em uma piscicultura. Os parâmetros analisados foram: pH, temperatura, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e alcalinidade. Para o experimento 2 utilizou-se um efluente sintético e este permaneceu no laboratório sob aeração constante. Os parâmetros analisados foram: pH, temperatura e nitrogênio amoniacal. O Experimento 1 foi montado no mês de março de 2018, e as coletas foram realizadas mensalmente nos meses de: março (Coleta 1), abril (Coleta 2), maio (Coleta 3), junho (Coleta 4), julho (Coleta 5), agosto (Coleta 6) e setembro (Coleta 7). Os valores alcançados de remoção de nitrogênio amoniacal para este experimento foram 30,16%, 32,2%, 27,6%, 47,8%, 56,3%, 54,2% e 5,3% para as coletas 1,2,3,4,5, 6 e 7, respectivamente. O experimento 2 foi submetido a diferentes vazões de entrada que variaram de 1,5 L.d⁻¹ a 30, 0 L.d⁻¹ e os valores de remoções alcançados foram de 81 a 42% respectivamente. Desta forma observou-se que o reator montado no laboratório obteve melhores taxas de remoção quando comparados ao reator montado na piscicultura, alguns fatores podem ter influenciado para tal, dentre estes destaca-se disponibilidade de oxigênio dissolvido no meio.

Palavras-chave: Aquicultura, água residuária, eutrofização.

ABSTRACT

Fish farming is a modality of aquaculture that constitutes an important productive follow-up and has been growing in recent years in Brazil. Within the national context, the state of Rondônia has stood out and currently ranks second in the ranking of fish production in the country and leads the ranking of native fish production. Fish culture systems generate pollutants mainly from the feed used in the management, organic matter and nutrients present in the tanks as a function of aquatic organisms and their excretions. These nutrients, such as nitrogen and phosphorus, when in high concentrations can cause artificial eutrophication of water bodies, in addition to reducing and altering the biodiversity of the environment. Thus, it is necessary the study of alternatives that aim at the treatment of the wastewater originated from this activity, before its launch in the water bodies. Therefore, this work had the purpose of analyzing the efficiency of the use of two systems, one in real scale and another in bench scale, containing MBBR for the removal of ammoniacal nitrogen. Two experimental units (experiments 1 and 2) were developed in the Sanitation Laboratory (SANEAM) of the Federal University of Rondônia (UNIR) in the Ji-Paraná campus. Experiment 1 was maintained under natural conditions without forced aeration, and installed in a fish farm. The analyzed parameters were: pH, temperature, ammoniacal nitrogen, nitrite, nitrate and alkalinity. For the experiment 2 a synthetic effluent was used and it remained in the laboratory under constant aeration. The analyzed parameters were: pH, temperature and ammoniacal nitrogen. Experiment 1 was set up in March 2018, and collections were carried out monthly in the months of: March (Collection 1), April (Collection 2), May (Collection 3), June (Collection 4), July (Collection 5), August (Collection 6) and September (Collection 7). The values of ammoniacal nitrogen removal for this experiment were 30,16%, 32,2%, 27,6%, 47,8%, 56,3%, 54,2% and 5,3% for collections 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7, respectively. Experiment 2 was subjected to different inlet flows ranging from 1,5 L.d⁻¹ to 30,0 L.d⁻¹ and the removal values achieved were 81 to 42% respectively. In this way, it was observed that the reactor assembled in the laboratory obtained better removal rates when compared to the reactor installed in the fish culture, some factors may have influenced this, among them the availability of oxygen dissolved in the medium.

Keywords: Aquaculture, wastewater, eutrophication

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da piscicultura em estudo.	27
Figura 2 - Localização dos pontos de coleta nos tanques da piscicultura.	28
Figura 3 - Sistema do reator instalado na piscicultura.	33
Figura 4 - Suportes kaldnes K1 utilizados no sistema MBBR.....	35
Figura 5 - Valores de temperatura dos pontos no mês de setembro de 2018.	38
Figura 6 - Valores de pH dos pontos no mês de setembro de 2018.	39
Figura 7 - Valores de turbidez dos pontos no mês de setembro de 2018.	41
Figura 8 - Condutividade elétrica nos pontos no mês de setembro de 2018.	42
Figura 9 - Valores de oxigênio dissolvido nos pontos no mês de setembro de 2018.....	44
Figura 10 - Valores de alcalinidade nos pontos no mês de setembro de 2018.	46
Figura 11 - Valores de nitrogênio amoniacal nos pontos no mês de setembro de 2018.	47
Figura 12 - Valores de fósforo total nos pontos no mês de setembro de 2018.	50
Figura 13 - Eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal.	52
Figura 14 - Valores encontrados de pH em todas as coletas realizadas.	54
Figura 15 - Relação entre a alcalinidade e o nitrogênio amoniacal no efluente tratado.....	55
Figura 16 - Remoção do nitrogênio amoniacal no sistema.....	58
Figura 17 - Uso e ocupação do solo na bacia do rio Urupá no ano de 2018.	60
Figura 18 - Quantidade de pisciculturas licenciadas na bacia hidrográfica do Rio Urupá.....	62
Figura 19 - Valores estimados de produção da piscicultura dos municípios que compõe a bacia no ano de 2018.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Maiores produtores de peixe do Brasil em 2017.	15
Tabela 2 - Valores recomendados e periodicidade ideal para monitoramento dos parâmetros de qualidade da água.	19
Tabela 3 - Condições e padrões de lançamento de efluentes.	25
Tabela 4 - Descrição dos pontos de coleta.	29
Tabela 5 - Metodologias aplicadas nos processos analíticos.	30
Tabela 6 - Composição do efluente sintético.	34
Tabela 7 - Valores de N-Nitrito e N-Nitrato encontrados nos pontos no mês de setembro de 2018.	49
Tabela 8 - Caracterização do efluente da piscicultura no mês de março de 2018.	51
Tabela 9 - Vazões de entrada do efluente sintético no sistema.	57
Tabela 10 - Valores de pH e temperatura no sistema.	59
Tabela 11 - Uso e ocupação do solo na bacia do Rio Urupá no ano de 2018.	61

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1.REFERENCIAL TEÓRICO	14
1.1 AQUICULTURA NO BRASIL.....	14
1.1.1 Panorama da piscicultura no Estado de Rondônia.....	14
1.1.2 Formas de cultivo da piscicultura.....	15
1.2 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA DE PISCICULTURA	16
1.3 IMPACTO DOS EFLUENTES DE PISCICULTURA	19
1.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	21
1.4.1 Remoção biológica de nitrogênio.....	21
1.4.2 Nitrificação/Desnitrificação.....	22
1.4.3 Reator de Leito Móvel com Biofilme (MBBR).....	23
1.5 POSSÍVEIS IMPACTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUPÁ	23
1.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADA À PISCICULTURA	24
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	27
2.2 COLETA DE DADOS.....	28
2.3 ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	30
2.3.1 Determinação do pH, temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica	30
2.3.2 Turbidez.....	30
2.3.3 Alcalinidade	31
2.3.4 Fósforo total	31
2.3.5 Nitrogênio amoniacal (NH_4^+).....	31
2.3.6 Nitrito (NO_2^-).....	32
2.3.7 Nitrato (NO_3^-).....	32
2.4 DESCRIÇÕES DOS EXPERIMENTOS.....	32
2.4.1 Experimento 1 – Efluente real.....	32
2.4.2 Experimento 2 – Efluente sintético.....	33
2.4.3 Material Suporte.....	34
2.5 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).....	35
2.5.1 Área de estudo.....	35
2.5.2 Aquisição das Imagens.....	35

2.5.3 Processamento digital de imagem	36
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
3.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA PISCICULTURA EM ESTUDO	37
3.1.1 Temperatura	37
3.1.2 Potencial hidrogênionico(pH).....	39
3.1.3 Turbidez.....	40
3.1.4 Condutividade elétrica.....	42
3.1.5 Oxigênio Dissolvido.....	43
3.1.6 Alcalinidade Total.....	45
3.1.7 Nitrogênio amoniacal.....	46
3.1.8 Fósforo Total.....	49
3.2 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE NITROGÊNIO AMONICAL POR REATOR MBBR	51
3.2.1 Experimento 1 – Efluente Real.....	51
3.2.2 Experimento 2 – Efluente Sintético.....	56
3.3 PANORAMA DA PISCICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUPÁ.....	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	65

INTRODUÇÃO

A piscicultura é uma modalidade da aquicultura que constitui um importante seguimento produtivo e que vem crescendo nos últimos anos no Brasil. E isso está relacionado principalmente devido ao fato de ser uma atividade que gera emprego, renda e favorece a redução da pressão sobre os estoques pesqueiros naturais (ROTTA e QUEIROZ, 2003; PEZZATO et al., 2009). Apesar de o Brasil ser um grande produtor de frango, bovinos e suínos, a aquicultura foi o setor que proporcionou maior incremento percentual em produção entre 2004 a 2014, com crescimento anual médio de quase 8% (KUBITZA, 2015).

Dentro do contexto nacional, o estado de Rondônia tem de destacado e atualmente ocupa o segundo lugar no ranking de produção de peixes do país e lidera o ranking de produção (77 mil toneladas) de peixes nativos (PEIXE BR, 2017). O estado conta com 4.295 empreendimentos licenciados e cadastrados pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) no ano de 2018 e possui uma produção estimada de 95.669,16 toneladas para este mesmo ano (SEDAM, 2018).

Dentre as bacias do estado com maior produção, à bacia hidrográfica do Rio Urupá tem se destacado. A bacia faz parte do território central do Estado e abrange nove municípios, todos inseridos na microrregião de Ji-Paraná, de acordo com dados da SEDAM (2018) existem cerca de 1.513 empreendimentos licenciados e cadastrados nos municípios que compõem a bacia e estes perfazem uma produção estimada de 24.394 toneladas para o ano de 2018.

Contudo, as águas utilizadas e seu respectivos lançamento são destinadas ao rio Urupá que atualmente é o rio que abastece o município de Ji-Paraná. Assim, devido ao elevado número de empreendimentos licenciados no entorno da bacia, se faz necessário o tratamento das águas residuárias provenientes dessa atividade, pois sem o tratamento adequado, estas águas residuárias podem alterar as características qualitativas da água do rio e comprometer o abastecimento público do município.

Os poluentes dos tanques de piscicultura são provenientes principalmente da ração utilizada no manejo, de matéria orgânica e de nutrientes presentes nos tanques de cultivo em função dos organismos aquáticos e suas excreções (LOPES, 2016). Estes nutrientes, como nitrogênio e fósforo, quando em altas concentrações podem provocar a eutrofização artificial dos corpos hídricos, além de reduzir e alterar a biodiversidade do meio (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2006).

Desta forma, se faz necessário o estudo de alternativas que visem o tratamento da água residuária oriunda desta atividade, além do mais, no Brasil o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução nº 430 de maio de 2011 que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos em seu 3º artigo define que estes sejam obrigatoriamente tratados antes de serem lançados, tornando então, imprescindível a realização do tratamento das águas residuais concernentes a esta atividade.

O tratamento biológico é considerado um meio econômico e eficiente no tratamento de efluentes. A aplicação dos reatores de leito móvel com biofilme (MBBR) é uma boa alternativa deste tipo de tratamento por combinar vantagens de dois processos: lodos ativados e sistemas com biofilme, através do uso de suportes (*biomedias*) em suspensão no meio líquido que proporcionam grandes áreas superficiais para o crescimento microbiano (LIMA, 2015). O MBBR consiste em um processo em que os microrganismos formam biofilmes nos suportes móveis (BASSIN, 2012), aumentando então a capacidade de bactérias de metabolizar matéria orgânica e nutrientes presentes nas águas residuais, para o seu crescimento, manutenção celular e produção de energia.

Desta forma, este trabalho teve a finalidade de analisar a eficiência do uso de dois sistemas um em escala real e outro em escala de bancada, contendo MBBR para remoção de nitrogênio amoniacal. Assim, os objetivos específicos foram: a) analisar a qualidade da água de um sistema de piscicultura em uma propriedade no município de Ouro Preto D'Oeste - RO, visando verificar possíveis alterações na qualidade da água e a influência dessas alterações no corpo receptor; b) analisar de forma indireta os possíveis impactos gerados na bacia hidrográfica do Rio Urupá; c) comparar os resultados obtidos com os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 AQUICULTURA NO BRASIL

A aquicultura pode ser definida como o cultivo de organismos aquáticos em um espaço confinado e controlado, visando uma maior produtividade (LOPES et al., 2017). A aquicultura pode ser realizada no mar (maricultura) ou em águas continentais (aquicultura continental). Essa prática reúne técnicas para o cultivo e reprodução de peixes, camarões, crustáceos, algas, moluscos, entre outros, sendo a piscicultura a principal atividade aquícola (GENTRY et al., 2017).

No Brasil a aquicultura tem sido realizada em todos os estados, e tem crescido de forma expressiva nos últimos anos, se destacando como uma importante atividade do agronegócio brasileiro, em decorrência do aumento populacional e da procura por alimentos com baixos teores de gordura, associado ao aumento das políticas públicas para incentivo e estímulo a essa atividade, aquicultura cresce em ritmo acelerado (SPILIOTOPOULOU et al, 2017)

A piscicultura é a principal atividade da aquicultura no país, e, segundo dados da Associação Brasileira de Piscicultura (2017), a atividade teve um aumento de 8% em 2017, com a produção de 691.700 toneladas de peixes cultivados. Alguns fatores como condições climáticas favoráveis, grande potencial hídrico, espécies de peixes que apresentam aptidão para a piscicultura, e a topografia potencializam essa atividade no país (PAIVA, 2014).

Dentre as espécies cultivadas, a Tilápia foi à espécie de peixe mais cultivada, representando 51,7% da piscicultura nacional, já a segunda posição não é de uma espécie em si, mas de uma categoria denominada nativos, que é liderados pelo Tambaqui e representam 43,7% da produção brasileira de pescados (PEIXE BR, 2018).

Contudo, diante do crescimento desta atividade no país, a piscicultura torna-se grande fonte de renda e geração de emprego, porém, devido à utilização, dos recursos naturais, pode causar desequilíbrios ambientais quando realizada de forma inadequada (ISHII, 2016).

1.1.1 Panorama da piscicultura no Estado de Rondônia

O desenvolvimento da piscicultura no estado de Rondônia teve início por volta de 1980, com um crescimento rápido. Souza Filho et al (2007) e o Ministério da Pesca e

Aquicultura - MPA (2013) destacam alguns pontos favoráveis do próprio estado contribuem para a evolução da atividade, sendo eles: a riqueza hídrica do estado aliada às altas temperaturas durante todo o ano, os solos argilosos, a conformação topográfica associados à boa logística de escoamento.

A atividade surgiu como uma alternativa de renda para população e uma forma de melhorar a vida dos pequenos proprietários rurais sem perspectiva no agronegócio (ROCHA, 2015). Além disso, outros fatores como a tendência da estagnação da pesca extrativista e a redução dos estoques naturais pesqueiros fizeram com que a pesca extrativista perdesse espaço para criação em cativeiro visando atender a demanda de peixes no mercado (ONO, 2005).

De acordo com dados da SEDAM (2018) em 2017 o estado de Rondônia contava com 4.249 empreendimentos licenciados e cadastrados, um aumento expressivo quando comparado com o ano de 2013 que contava com 3.290 empreendimentos. De acordo com Rocha (2015) o primeiro licenciamento ambiental no estado ocorreu no ano de 1994, no município de Pimenta Bueno, seguido pelo município de Vilhena, em 1995.

Desta forma, o estado de Rondônia tem se destacado com o aumento da produtividade referente a esta atividade e atualmente encontra-se em segundo lugar no ranking de produção do Brasil, ficando atrás apenas do estado do Paraná, tendo produzido cerca de 77.000 toneladas no ano de 2017 (PEIXE BR, 2018) como demonstra a Tabela 1.

Tabela 1 - Maiores produtores de peixe do Brasil em 2017.

Ranking de produção em 2017	Estado	Produção (Toneladas)
1º	Paraná	112000
2º	Rondônia	77000
3º	São Paulo	69500
4º	Mato Grosso	62000
5º	Santa Catarina	44500
6º	Goiás	33000
7º	Minas Gerais	29000
8º	Amazonas	28000
9º	Bahia	27500
10º	Maranhão	26500

Fonte: PEIXE BR (2018).

1.1.2 Formas de cultivo da piscicultura

O cultivo de peixes é basicamente formado por três etapas que se dividem em: alevinagem, recria e engorda (PAIVA, 2014). A alevinagem consiste na produção dos filhotes de peixes (RASGUIDO et al., 2012). Quando os peixes atingem um certo tamanho ideal para

comercialização são transferidos para outros tanques até se tornarem juvenis, passando para segunda fase, a recria. Por fim inicia-se a fase denominada de engorda, onde os peixes se encontram na fase adulta e podem ser comercializados para o mercado consumidor.

No que diz respeito às formas de cultivo, existem diferenças nos sistemas de produção, possuindo, cada qual, suas próprias características (FEITOSA, 2016). Barbosa et al., (2013) afirma que estes modelos podem ser classificados quanto ao grau de interferência no ambiente aquícola, densidade de animais por área, demanda de insumos ou volume do meio líquido.

Nesse sentido, de acordo com o art.3 da Resolução CONAMA nº 413, de 26 de junho de 2009 e art.3 da Lei nº 3437, de 9 de setembro de 2014, do estado de Rondônia, os sistemas de cultivo podem ser classificados em extensivo que é praticado em represas, lagos e açudes onde não existem controle sobre o nível e vazão de água nos reservatórios, com produção de até 3 toneladas por hectare, semi-intensivo que são viveiros de barragens com controle sobre o nível de água e vazão dos reservatórios, com produção de 3 até 8 toneladas por hectare, sem renovação de água, as espécies cultivadas dependem principalmente da oferta de alimento artificial, intensivo praticado em viveiros de derivação escavados em terreno natural, com produção de 8 a 15 toneladas por hectare e os espécimes cultivados dependem integralmente da oferta de alimento artificial e super-intensivo praticado em tanques-rede e tanques revestidos, de alto fluxo de água com produção acima de 50 toneladas por hectare.

No estado de Rondônia o sistema semi-intensivo é o mais adotado pelos piscicultores. Segundo Ostresky e Boeger (2008) nesses sistemas, ocorre interferência de alguns fatores de produtividade, caracterizando-se pela possibilidade de esvaziamento total do viveiro, possibilidade de despesca, controle na reprodução, presença de prática de adubação e calagem e a controle da densidade populacional durante o cultivo.

Um fato que merece ser mencionado é que a ração é a principal fonte nutricional dos organismos produzidos, sendo determinante para a qualidade da água nos viveiros (MINUCCI et al., 2005; SILVA, 2007). Desta forma os resíduos gerados nos sistemas de cultivos devem ser corretamente gerenciados, a fim de minimizar os possíveis impactos causados ao meio ambiente.

1.2 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA DE PISCICULTURA

Para um bom desenvolvimento dos organismos aquáticos e uma produção economicamente viável, é necessário o controle da qualidade da água dos viveiros, sendo este,

atrelado à correta alimentação, fatores de extrema relevância na piscicultura e podem determinar o sucesso ou o fracasso de uma criação (REBOUÇAS et al., 2014).

As análises de parâmetros físicos e químicos da água são importantes ferramentas utilizadas no monitoramento de sua qualidade, pois podem interferir na dinâmica das populações aquáticas (MATSUZAKI; MUCCI; ROCHA, 2004). Alguns parâmetros utilizados são: pH (Potencial Hidrogeniônico), temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e nutrientes como nitrogênio e fósforo (MARTINS, 2016). Estes parâmetros podem interagir individual ou coletivamente, influenciando no desempenho da produção, sendo necessária a adequação desses dentro de valores apropriados ao cultivo.

De acordo com Von Sperling (1995) o pH representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , indicando sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade ($< 7,0$; $= 7,0$ e $> 7,0$ respectivamente) da água, sendo que este parâmetro pode influenciar em diversos processos físicos, químicos e também biológicos. Silva et al., (2003) elenca que respiração, fotossíntese, adubação, calagem e poluição são os principais fatores que afetam os valores de pH na água.

Outra variável de grande relevância é a temperatura da água, pois esta também influencia em processos físicos, químicos e biológicos. Segundo Jianet al (2003), a temperatura pode afetar diretamente o metabolismo e conseqüentemente, o consumo de oxigênio, o crescimento e a sobrevivência dos organismos. Em temperaturas mais altas, os peixes de clima quente comem mais, ficam mais ágeis, crescem mais e conseqüentemente consomem mais de oxigênio. A faixa ótima para crescimento dos peixes de águas quentes é entre 25 e 32°C (MARTINS, 2016).

Em águas quentes a taxa de degradação da matéria orgânica, a dissolução de fertilizantes e a degradação de produtos químicos são maiores. Desta forma, nas regiões temperadas ou subtropicais, as práticas de adubação, fertilização e alimentação são geralmente intensificadas no verão, e restringidas, no inverno (REBOUÇAS et al., 2014).

A condutividade é um parâmetro que expressa numericamente a capacidade da água em conduzir eletricidade, indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados (PAIVA, 2014) e pode indicar elevado teor de decomposição quando seus valores são altos.

Com relação ao oxigênio dissolvido, de acordo com El-Sayed et al. (2010), cada organismo tem um limite ideal na água para seu crescimento e desenvolvimento, sendo que para peixes tropicais, a sua concentração deve ser mantida acima de 4 mg.L⁻¹. Águas com baixos teores de oxigênio dissolvido podem indicar que receberam matéria orgânica. As bactérias

aeróbias, responsáveis por decompor a matéria orgânica, geralmente são as responsáveis pela depleção do oxigênio dissolvido da água.

Segundo Nascimento et al., (2011) dependendo da capacidade de autodepuração do corpo d'água, o teor de oxigênio pode alcançar valores baixos, ou até mesmo não estar presente, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios.

Os compostos fosfatados e nitrogenados, dentre os nutrientes encontrados dissolvidos na água, são os mais importantes para definir padrões de qualidade (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2011). Silva (2007) salienta que baixos teores de pH favorece a elevação das concentrações de nutrientes, entre eles o nitrogênio amoniacal. A concentração de nitrogênio amoniacal deve ser monitorada constantemente, uma vez que a amônia não ionizada (NH_3) é tóxica aos peixes em concentrações entre 0,2 a 2,0 mg.L^{-1} (ALABASTER e LOYD, 1982).

Em relação ao fósforo, este nutriente é limitante da produtividade na maioria das águas continentais. Em piscicultura, a dinâmica do fósforo é controlada pelo arraçoamento e fertilização dos tanques e viveiros. O arraçoamento pode contribuir com o aumento do fósforo através da decomposição do alimento não consumido e com o uso de ração com baixa conversão alimentar (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2008).

A Tabela 2 demonstra os valores recomendados e a periodicidade ideal que os principais parâmetros devem ser monitorados.

Tabela 2 - Valores recomendados e periodicidade ideal para monitoramento dos parâmetros de qualidade da água.

Parâmetro	Valores Recomendados	Periodicidade
pH	Ideal 6,5 a 9 Letal de 0 a 4 e 11 a 14	Uma vez ao dia ou, pelo menos três vezes por semana
Temperatura	Ideal 20 a 28 °C Letal > 32°C	Duas vezes ao dia
Condutividade elétrica	Desejável 0,02 a 0,1 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Não informado
Oxigênio Dissolvido	Ideal > 5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Letal 0 a 1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Duas vezes ao dia
Nitrogênio Amoniacal	Ideal até 0,50 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Letal >1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Uma vez por semana
Nitrito	Ideal 0 a 0,5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Tóxico acima de 0,5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Letal >5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Uma vez por semana

Fonte: Adaptado de OSTRENSKY; BOEGER (1998).

1.3 IMPACTO DOS EFLUENTES DE PISCICULTURA

Os viveiros de criação de peixes são ecossistemas dinâmicos que apresentam baixa profundidade, fluxo contínuo de água e são suscetíveis a influência de fatores internos, e externos (KUBITZA, 2006), podem abrigar uma comunidade biótica diversificada, desde produtores primários, produtores secundários e decompositores. Todas essas espécies existentes nos viveiros são basicamente dependentes da qualidade da água e do equilíbrio entre organismos planctônicos e o meio ambiente (LACHI e SIPAÚBA-TAVARES, 2008; OSTI, 2009)

Nos viveiros, a alimentação natural dos peixes são: o plâncton, o necton, os bentos e as macrófitas aquáticas (SILVA, 2007), sendo o plâncton a base da cadeia alimentar. Outra forma de alimentação dos peixes é através da utilização de ração, que apresentam elevados teores de nutrientes. Segundo Souza et al., (2015) a ração empregada nos viveiros não é totalmente consumida pelos peixes. A digestibilidade da matéria seca das rações dentro do sistema gira em torno de 70% a 75%, isto significa que 25% a 30% do alimento fornecido ficam retidos nos sistemas (KUBITZA, 2006).

Os nutrientes provenientes da ração não consumida são convertidos em sólidos orgânicos em suspensão, dióxido de carbono, nitrogênio, amônia, fosfato e em outros compostos, que proporcionam um considerável aporte de matéria orgânica e inorgânica nos ecossistemas aquáticos (ROTTA e QUEIROZ, 2003; HUSSAR e BASTOS, 2008; KUBITZA, 1999). Devido a isto, ocorre um aumento da demanda bioquímica de oxigênio, da concentração de sólidos suspensos, de nutrientes e redução do nível de oxigênio dissolvido.

Outro resíduo orgânico encontrado nos viveiros são os dejetos liberados pelos peixes. Esses resíduos, após ação microbiológica, fornecem nutrientes essenciais para o desenvolvimento de plâncton e de macrófitas aquáticas, podendo, quando em excesso, causar eutrofização do ambiente (PÁDUA, 2001).

Outro aspecto importante a ser considerado é que é comum a prática de fertilização da água, através da utilização de fertilizantes orgânicos e inorgânicos que objetiva aumentar a disponibilidade de alimento natural dos peixes (plâncton), sendo esta outra forma de entrada de nutrientes e matéria orgânica nos viveiros e se dá através de duas formas químicas: orgânica e inorgânica, ou mista (LOPES, 2012). A fertilização orgânica, normalmente utiliza adubo provindo de esterco de animais, geralmente de galinhas e suínos, além de farelo de arroz, milho e macaxeira (PAIVA, 2014). E na inorgânica, dentre os mais utilizados destacam-se os nitratos, fosfatos e ureia.

A fertilização é um procedimento importante para piscicultura, que deve ser realizada de forma controlada, pois, se realizada de forma descontrolada pode ocasionar um enriquecimento artificial, principalmente de nutrientes como nitrogênio e fósforo, e esses têm suas implicações negativas, pois promove o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas (OSTI, 2009). Segundo Henry-Silva e Camargo (2006), esses nutrientes provocam a eutrofização do corpo hídrico, além de reduzir e alterar a biodiversidade.

O manejo adequado nos tanques de cultivos está diretamente relacionado com as características dos efluentes do sistema. Efluentes de viveiros com água de baixa qualidade, geralmente apresentam uma concentração reduzida de oxigênio dissolvido e elevada concentração de nutrientes, matéria orgânica e sólidos em suspensão (LIMA et al., 2010). A descarga desse tipo de efluente nos cursos de águas naturais pode causar poluição, prejudicando diretamente as comunidades aquáticas do corpo receptor e reduzindo a qualidade da água destinada a outros usos (SILAPAJARN; BOYD, 2005).

Desta forma, é possível afirmar que paralelo ao desenvolvimento e à intensificação da atividade, cresce a necessidade de monitoramento dos recursos hídricos (SAMPAIO et al., 2013), pois diante do aumento do número de pisciculturas, há a necessidade do estudo dos impactos ocasionados na qualidade da água dos corpos receptores, principalmente pela estimativa de matéria orgânica e nutrientes que são lançados nos rios e córregos (SILVA, 2007).

1.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES

Atualmente existem diversos tipos de tratamento de efluentes, com relação aos de piscicultura alguns tratamentos já empregados são: construção de biofiltros com plantas aquáticas, tanques de sedimentação, wetlands e recirculação da água, a maioria baseados em tratamentos físicos, biológicos e ou em sua combinação (SIPAÚBA- TAVARES, 2006). Por acreditarem que seja mais factível a remoção de sólidos (e assim, os nutrientes e demanda bioquímica de oxigênio a eles associados), alguns autores também recomendam o uso de coagulantes e unidades de tratamento físico-químico (SOUZA 2015).

No entanto ao se levar em consideração alguns aspectos como custos de implantação, manutenção e área requerida, os sistemas de tratamento biológicos têm sido mais empregados para tratar esse tipo de efluente. O tratamento de efluentes que envolve a utilização de processos biológicos utiliza a ação de microrganismos (bactérias, protozoários, fungos, algas) para reproduzir os processos que ocorrem em meio natural. A remoção de substâncias como carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e fósforo ocorre devido ao crescimento dos microrganismos, desta forma, removem tais compostos dos efluentes (DIONISI, 2017; METCALF & EDDY, 2003).

Além da biomassa gerada pelo crescimento celular, ocorre a formação de produtos inorgânicos, como água, gás carbônico e nitrogênio gasoso, que são mais aceitáveis por não apresentarem riscos ao ecossistema aquático.

1.4.1 Remoção biológica de nitrogênio

O nitrogênio pode se dar de algumas formas na natureza (amônia, nitrito, nitrato ou nitrogênio gasoso) e, conseqüentemente sofrer inúmeras transformações, na piscicultura. Silva (2013) relata que a presença de nitrogênio amoniacal é praticamente impossível de ser impedida, estando sempre presente nas duas formas químicas, o íon amônio (NH_4^+) e a amônia na forma de gás (NH_3). Estas formas ocorrem ao mesmo tempo na água conforme a Reação 1. No entanto, a forma química mais tóxica, tanto para os peixes quanto para o meio ambiente é a forma gasosa (OSTRENSKY et al., 1998).



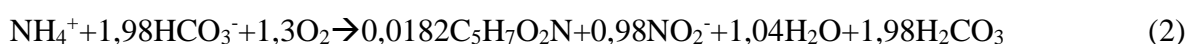
O pH é um parâmetro fundamental para se conhecer qual a forma de amônia que irá predominar no meio, segundo Von Sperling (2014) em pH próximo a neutralidade praticamente toda o nitrogênio amoniacal encontra-se na forma ionizada (NH_4^+), já no pH acima de 11, possivelmente toda amônia estará na forma de gás.

O mecanismo convencional de remoção de nitrogênio, no tratamento biológico, ocorre através de processos envolvendo as etapas de assimilação e nitrificação/desnitrificação (LIMA, 2015). No primeiro caso a assimilação do nitrogênio amoniacal é realizada pelos microrganismos para seus processos celulares, no entanto essa etapa tem uma pequena contribuição quando comparado à oxidação biológica do composto (LIMA, 2015; CARMINATI, 2016).

As etapas responsáveis pela conversão do nitrogênio amoniacal a nitrogênio gasoso são denominadas nitrificação/desnitrificação, e são responsáveis por remover esse nutriente das águas residuárias (METCALF & EDDY, 2003).

1.4.2 Nitrificação/Desnitrificação

A nitrificação é tida como a primeira etapa global na remoção de nitrogênio e abrange dois estágios sequenciais: a nitritação e nitratação. O primeiro estágio é realizado principalmente por bactérias que oxidam amônia a nitrito (nitritação), a maior parte desse grupo bacteriano pertence ao gênero *Nitrosomonas* (LIMA, 2015). A segunda etapa denomina-se nitratação, que é quando ocorre a conversão do nitrito a nitrato por bactérias oxidadoras de nitrito, em que se predomina o gênero *Nitrobacter* (DINÇER *et al.*, 2000; COLLIVER *et al.*, 2000). As reações de conversão podem ser visualizadas pelas equações abaixo (SANTA'ANNA, 2013), as quais envolvem as etapas de nitritação (Equação 1) e nitratação (Equação 2) com geração celular.



Para que a etapa de nitrificação seja realizada com sucesso é necessário que haja a existência de microrganismos, oxigênio, dissolvido e relação entre carbono e nitrogênio (FILHO, 2015).

A nitrificação é uma etapa sensível a variação de alguns parâmetros. O pH é um deles, uma taxa de nitrificação ótima é alcançada quando os valores de pH variam na faixa entre 7,0 e 8,5 (LIMA, 2015). Este processo também é sensível a temperatura e as melhores taxas de nitrificação ocorrem em temperaturas entre 30 a 35 °C (HENZE *et al.*, 1997). O oxigênio dissolvido influencia nas taxas de nitrificação, sendo que Carminati (2016) indica concentrações superiores a 2,0 mg.L⁻¹ de OD para o sucesso da nitrificação.

A etapa final da remoção de nitrogênio é o processo de desnitrificação que consiste na redução do nitrato em nitrogênio molecular, esta etapa é realizada por bactérias anaeróbias e

facultativas (LIMA, 2015). Devido a essa particularidade, para que a desnitrificação ocorra, é desejável um ambiente anóxico (sem a presença de oxigênio) (GRADY et al., 1999). A redução do nitrato ocorre em sucessivas etapas, as quais são simplificadas na Equação (4).



1.4.3 Reator de Leito Móvel com Biofilme (MBBR)

Devido ao desenvolvimento de uma série de processos biológicos de tratamento de efluentes criou-se uma classificação para os reatores biológicos baseada na forma em que a biomassa está presente. A formação microbiana pode ocorrer na forma de flocos, que ficam suspensos no líquido ou biofilmes, que crescem aderidos em uma superfície disponível (CARMINATI, 2016).

Por muito tempo os processos envolvendo biomassa suspensa foram amplamente explorados, em especial o processo de lodos ativados, no entanto nos últimos anos tem existido um grande interesse pelos processos com biomassa fixa. O fundamento desses processos são os suportes, nos quais os microrganismos crescem aderidos, formando o biofilme (LIMA, 2015).

Os reatores de MBBR consistem em tanques agitados de forma contínua, onde são inseridos pequenos suportes de natureza polimérica, que crescem um consórcio microbiano e essa biomassa concentrada que impulsiona a degradação de poluentes (FERRAI et al., 2010). Esta tecnologia foi desenvolvida buscando incorporar em um único sistema, as características da tecnologia de lodos ativados e dos processos com biofilme (RUSTEN et al., 2006).

1.5 POSSÍVEIS IMPACTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUPÁ

O desenvolvimento migratório no estado de Rondônia deu-se principalmente através de incentivos governamentais na década de 70, e devido a esses ciclos econômicos no estado, ocorreu desde então uma expressiva transformação das paisagens, sobretudo com a retirada da vegetação (LOPES, 2018; LIMA, 2014).

A bacia do rio Urupá faz parte do território central do Estado e seu uso e ocupação estão intimamente relacionados com os projetos de colonização implantados pelo governo federal, especialmente com a abertura da BR 364. Esta região é considerada polo agrícola e pecuário do Estado, e uma terceira atividade que vem se destacando nos últimos anos, é a prática aquícola.

Rocha (2015) ao analisar a concentração no estado de Rondônia, observou que a maior densidade de piscicultura licenciadas no Estado (40%), encontram-se alocadas na microrregião de Ji-Paraná, que faz parte do território central do Estado.

Ainda, de acordo com dados da SEDAM (2017), existem aproximadamente 1.250 propriedades licenciadas na microrregião de Ji-Paraná, e destas, 1.010 estão localizados nos municípios que compõem a bacia do rio Urupá, um fato preocupante, pois atualmente o rio Urupá abastece o município de Ji-Paraná e a qualidade da água do rio pode estar sendo comprometida, devido a esse grande número de empreendimentos. A piscicultura utiliza grandes quantidades de água e na maioria das vezes realiza as descargas de seus efluentes, sem um devido tratamento, diretamente nos corpos hídricos, o que tem chamado a atenção quanto ao grau de poluição e contaminação, que estes efluentes, podem apresentar (ROTTA; QUEIROZ, 2003; LIMA, 2010).

1.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADA À PISCICULTURA

Atualmente a conservação ambiental e dos recursos naturais é uma grande preocupação mundial que tem ocupado a pauta legislativa de vários países. No Brasil alcançou padrão constitucional, através da Constituição Federal de 1988, que traz em seu artigo 225 que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Assim, devido ao crescimento das atividades aquícolas no Brasil, as diretrizes que envolvem à piscicultura e os demais processos econômicos relacionados à exploração ambiental, demanda efetiva proteção legislativa, a fim de conciliar os aparentemente contrários conceitos de produtividade econômica e sustentabilidade ambiental (PAIVA, 2014). Desta forma, no conjunto da legislação brasileira, verifica-se a grande utilização de atos normativos regulamentadores que visem regularizar a atividade aquícola brasileira (TIAGO, 2002).

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, nº 357 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água, estabelecendo diretrizes ambientais para o enquadramento dos mesmos, esta resolução estabelece nove classes de qualidade de água, em função dos principais usos. Diante desta classificação fica estabelecida que as águas de classe II, são águas doces que podem ser destinadas, entre outros, à aquicultura e à atividade de pesca, e essas as águas deverão atender algumas condições e padrões de qualidade. Além disso esta mesma resolução traz que na falta de estudos sobre um determinado corpo hídrico os

mesmos deverão ser considerados como os de classe II, (BRASIL, 2005) sendo assim esta classe é a utilizada para os corpos hídricos de Rondônia.

Ao se tratar de lançamento de efluentes em corpos hídricos, a Resolução CONAMA nº 430 de maio de 2011, que alterou parcialmente e complementou a Resolução 357/2005, em seu artigo 3º determina que: “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis”.

O Artigo 5º da resolução supracitada, estabelece que quando houver lançamento, o efluente não poderá alterar a classe do corpo receptor, e o Artigo 16º, institui que: “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo”, esses efluentes deverão apresentar as condições estabelecidas na Tabela 1.

É importante ressaltar que atualmente o estado de Rondônia não possui uma lei estadual específica para lançamento de efluentes, desta forma se adota Resolução CONAMA nº 430/2011.

Tabela 3 - Condições e padrões de lançamento de efluentes.

Variáveis	Valores Máximos Permitidos
pH (Potencial Hidrogênionico)	5,0 a 9,0
Temperatura	40 °C
Materiais sedimentáveis	1 mL.L ⁻¹
Vazão	1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor
Óleos minerais	20 mg.L ⁻¹
Óleos vegetais	50 mg.L ⁻¹
Materiais flutuantes	Ausentes
DBO ₅	Remoção mínima de 60%
Nitrogênio amoniacal total	20 mg.L ⁻¹ N

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 430/2011.

Ao se tratar de licenciamento ambiental da aquicultura a Resolução CONAMA nº 413 de junho de 2009, é a normativa que dispõe tal, em seu artigo 18 traz que: “os empreendimentos de aquicultura, quando necessário, deverão implantar mecanismos de controle e tratamento de efluentes que garantam o atendimento aos padrões estabelecidos na legislação ambiental vigente”.

No estado de Rondônia a lei que trata sobre a piscicultura é a Lei nº 3437 de setembro de 2014, sendo ela a responsável por dispor a aquicultura no Estado e dá outras providências. Em seu 23º artigo acomete que, entre outras, constituem infrações ambientais: “a introdução de doenças e parasitas oriundos de outras bacias hidrográficas ou piscicultura no ambiente natural;

e a alteração significativa da qualidade dos corpos de águas receptores dos efluentes oriundos das pisciculturas”. A Lei também traz que “a responsabilização administrativa do empreendedor, pessoa física ou jurídica, que por ação ou omissão, degradar o meio ambiente, não exclui a sua obrigação de reparar o dano causado”.

Diante do exposto, é possível observar que toda normatização em seus diferentes âmbitos, buscam a imposição e incorporação de modelos produtivos que respeitem as boas condições ambientais (MACHADO, 2015). Assim fica evidente a necessidade do levantamento de dados acerca da qualidade da água dos tanques de piscicultura, no intuito de contribuir tanto para o melhoramento do processo produtivo, bem como visando à proteção dos recursos hídricos, paralelo ao cumprimento das legislações vigentes (ISHII, 2016).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo está localizada na zona rural do município de Ouro Preto do Oeste (FIGURA 1). O município de Ouro Preto do Oeste encontra-se na região central do estado de Rondônia e possui posição geográfica $10^{\circ} 44' 53''$ S e $62^{\circ} 12' 57''$ W. Está situado a aproximadamente 330 Km da capital Porto Velho e apresenta uma área total de 1.969,85 Km², com população estimada para o ano de 2017 de 39.759 habitantes, possui rede urbana de distribuição de água e não possui serviço de coleta e tratamento de efluente (IBGE, 2017).



Figura 1 - Localização da piscicultura em estudo.

De acordo com a Lei nº 3437/2014 o sistema do empreendimento selecionado é considerado semi-intensivo, a instalação da piscicultura é do tipo viveiros escavados em terreno natural, o empreendimento possui aproximadamente 60 tanques, distribuídos em tanques de alevinagem e engorda, sua área em lâmina d'água é de 13 hectares e cultiva dentre as principais espécies: tambaqui (*Colossoma macropomum*), pintado (*Pseudoplatysto macorruscans*) e jatuarana (*Bryconmelano pterussp*), com ênfase na produção de alevinos. Os peixes são

cultivados com uso de ração extrusada 28%. A água utilizada para abastecimento dos taques da piscicultura é advinda do Rio Boa Vista e neste, ocorre o lançamento dos efluentes da piscicultura.

2.2 COLETA DE DADOS

As amostras destinadas a avaliar a qualidade da água da piscicultura em estudo, foram coletadas conforme a metodologia proposta no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995). A coleta foi realizada no mês de setembro de 2018, mês caracterizado em possuir menor índice pluviométrico na área de estudo (NUNES, 2011).

Foram selecionados nove pontos de coleta e todos foram georreferenciados através de um aparelho Sistema de Posicionamento Global (GPS). Os pontos foram divididos da seguinte forma: seis pontos distribuídos nos tanques do sistema de piscicultura (P1, P2, P3, P4, P5, P6), um ponto localizado (P7) a montante do sistema, um ponto no tanque de decantação (P8), e um ponto onde ocorre o lançamento dos efluentes (P9). A Figura 2 demonstra a distribuição dos pontos na piscicultura.

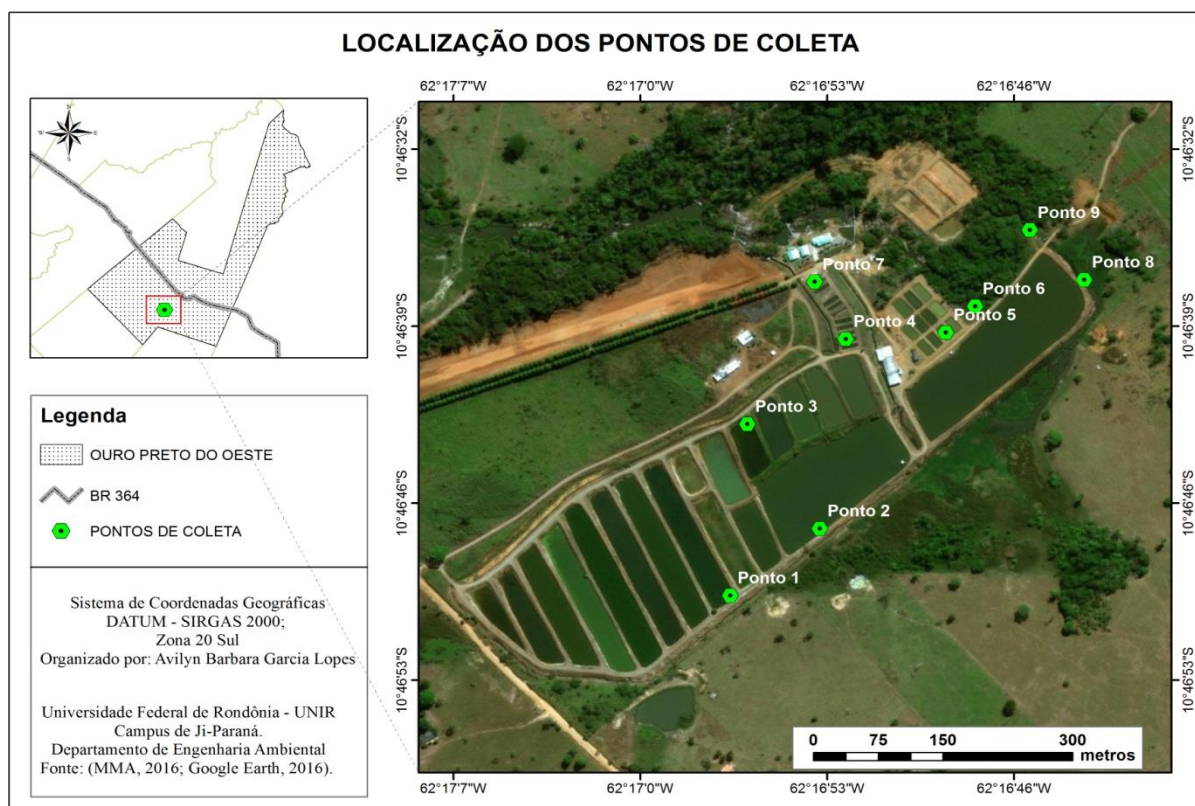


Figura 2 - Localização dos pontos de coleta nos tanques da piscicultura.

O ponto 1 (P1) e ponto 2 (P2) consistem em tanques de engorda com criação de matrizes da espécie tambaqui, o ponto 3 (P3) consiste em tanque de criação de juvenis da espécie pintado, o ponto 4 (P4) refere-se ao tanque de engorda destinados a criação das espécies jatuarana. O ponto 5 (P5) consiste em tanque de criação de alevinos de pintados e o ponto 6 (P6) representa o tanque de criação de engorda da espécie pintado. O ponto 7 (P7) está localizado à montante do sistema e é o ponto onde ocorre a captação que abastece o empreendimento. O ponto 8 (P8) é o tanque de decantação da piscicultura que possui como característica uma quantidade considerável de macrófitas aquáticas. O ponto 9 (P9) é o corpo receptor que recebe a descarga do efluente do sistema de piscicultura.

A Tabela 4 descreve as características dos pontos de coleta tais como: área, profundidade, características e espécies cultivadas.

Tabela 4 - Descrição dos pontos de coleta.

Pontos	Área (m²)	Profundidade (m)	Espécie Cultivada	Características
P1	4700	1,5	Tambaqui (matrizes)	Talude sem cobertura vegetal, sem vegetação arbórea no entorno, com perímetro retangular.
P2	15000	1,5	Jatuarana (matrizes)	Talude sem cobertura vegetal, sem vegetação arbórea no entorno.
P3	374	1,5	Pintado (juvenis)	Talude sem cobertura vegetal, protegidos por redes e possui controle de entrada da água (cano PVC).
P4	89,6	1,5	Pintado (adultos)	Talude com proteção vegetal, tanque revestido de concreto, abastecimento por canaleta direta do corpo hídrico.
P5	225	1,4	Pintado (alevinos)	Taludes sem proteção vegetal, tanque protegido por redes.
P6		1,5	Pintado (adulto)	Tanque revestido de concreto, talude com cobertura vegetal, sem vegetação arbórea no entorno.
P7	-	1,5	Não há cultivo	Vegetação arbórea de porte médio no entorno, água com fluxo contínuo.
P8	12100	1,0	Não há cultivo	Talude com cobertura vegetação e quantidade considerável de macrófitas aquáticas.
P9	-	1,0	Não há cultivo	Vegetação rasteira no entorno, água com fluxo contínuo, possui rampa de aeração.

2.3 ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

As metodologias empregadas para análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, assim como os equipamentos utilizados são expostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Metodologias aplicadas nos processos analíticos.

Parâmetros	Método	Unidade	Referências
Temperatura	Sonda multiparamêtros AKSO-AK88	°C	-
Turbidez	Turbidímetro de bancada da Marca Hach	UNT	
Condutividade Elétrica	Sonda multiparamêtros AKSO-AK88	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	-
Oxigênio Dissolvido	Sonda multiparamêtros AKSO-AK88	mg.L^{-1}	-
pH	Sonda multiparamêtros AKSO-AK88	Escala	-
Alcalinidade	Titulação Potenciométrica	mg.L^{-1}	Manual de Procedimentos e Técnicas, 2004
Fósforo Total	Solução de Vanadato-Molibdato	mg.L^{-1}	APHA, 2005
Nitrogênio Amoniacal (NH_4^+)	Nessler	mg.L^{-1}	APHA, 2005
Nitrito (NO_2^-)	Sufanilamida e N-naftil	mg.L^{-1}	APHA, 2005
Nitrato (NO_3^-)	Brucina	mg.L^{-1}	

2.3.1 Determinação do pH, temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica

O pH, a temperatura, o oxigênio dissolvido e a condutividade elétrica foram medidos por sonda multiparamêtros da marca AKSO modelo AK88 todos medidos *in loco*.

2.3.2 Turbidez

A turbidez foi determinada no laboratório com turbidímetro de bancada portátil marca *Hach*, modelo 2100P.

2.3.3 Alcalinidade

A alcalinidade foi determinada através do método de titulação potenciométrica conforme metodologia proposta no Manual de Procedimentos e Técnicas (2004) baseados nos métodos da APHA (1995). O monitoramento do pH durante a titulação foi feito com o auxílio do pHmetro de bancada marca HANNA, modelo HI 3512. As amostras foram tituladas, sob agitação magnética, com a adição de ácido sulfúrico padronizado (0,02 N) até o pH 4,5 e anotado o volume de ácido sulfúrico ($V_{H_2SO_4}$) utilizado. Posteriormente, calculou-se a alcalinidade total pela fórmula:

$$A_{total} = \frac{N_{H_2SO_4} * V_{H_2SO_4} * 50.000}{\text{Volume da amostra}}$$

Onde:

A_{total} = Alcalinidade ($mg.L^{-1} CaCO_3$)

$N_{H_2SO_4}$ = Normalidade da solução de ácido sulfúrico;

$V_{H_2SO_4}$ = Volume gasto da solução de ácido sulfúrico.

2.3.4 Fósforo total

O fósforo total foi determinado através de solução de Vanadato-Molibdato, composto por Metavanadato de Amônio (NH_4VO_3), HCl e Molibdato de Amônio ($(NH_4(MO_7)O_{24}.4H_2O)$). Elaborou-se a curva de calibração com Fosfato de Potássio e a leitura foi realizada em espectrofotômetro no comprimento de onda de 420 nm.

2.3.5 Nitrogênio amoniacal (NH_4^+)

Foi determinado conforme descrito no APHA (2005), as amostras foram preparadas com a adição do reagente Nessler composto de iodeto de mercúrio (HgI_2) e iodeto de potássio (KI). As amostras são homogeneizadas e é aguardado um tempo de 10 minutos, posteriormente foi realizada a leitura das amostras no espectrofotômetro, em comprimento de onda de 425 nm e a concentração é calculada com base na curva de calibração, que utiliza cloreto de amônio (NH_4Cl) como padrão.

2.3.6 Nitrito (NO_2^-)

O íon nitrito ocorre devido à oxidação do NH_4^+ e sua determinação ocorre pela adição de sulfanilamida, que em meio ácido provoca a diazotização e formará uma solução vermelho-púrpura com a adição de N-(1-naftil) etilenodiamina. A leitura é realizada em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 543 nm. Não foi necessária a diluição das amostras e os valores obtidos foram lançados na curva de calibração, construída para o intervalo de concentrações 0,05 a 0,5 mg/L de N-NO_2^- .

2.3.7 Nitrato (NO_3^-)

Este método consiste na reação do íon NO_3^- com o reagente brucina em meio ácido, resultando em uma coloração amarelada. Para leitura em espectrofotômetro é preciso, inicialmente, preparar a amostra com adição, de solução de ácido sulfúrico. Após reagir por 10 minutos no escuro, junta-se água destilada e novamente reage no escuro por 20 minutos para então ser lida a absorbância. Por fim, as concentrações de nitrato são determinadas por espectrofotometria a 410 nm.

2.4 DESCRIÇÕES DOS EXPERIMENTOS

Foram desenvolvidas duas unidades experimentais, no Laboratório de Saneamento (SANEAM) da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) campus de Ji-Paraná. O primeiro deles foi mantido em condições naturais sem aeração forçada, e instalado na piscicultura em estudo (Experimento 1), enquanto que o segundo foi mantido sob aeração e permaneceu no laboratório (Experimento 2).

2.4.1 Experimento 1 – Efluente real

O experimento 1 foi instalado em um taque da piscicultura e era constituído de material PVC com as seguintes dimensões: 0,49 m de altura, 50 mm de diâmetro e volume de 700 mL. A entrada do efluente ficava situada na parte inferior do reator e a saída na parte superior, o fluxo do reator era ascendente (FIGURA 3). O tanque selecionado para o estudo possuía as seguintes dimensões: 6,2 m de comprimento, 2,2 m de largura e 0,8 m de profundidade, este

tanque era de cultivo de peixes da espécie *Pseudoplatystoma Corruscans* popularmente conhecido como pintado. Este experimento (reator) foi mantido em condições naturais e instalado na piscicultura em estudo. O sistema foi operado por um período de 210 dias e o tempo de retenção hidráulica (THR) era de 1 dia. As coletas foram realizadas mensalmente.

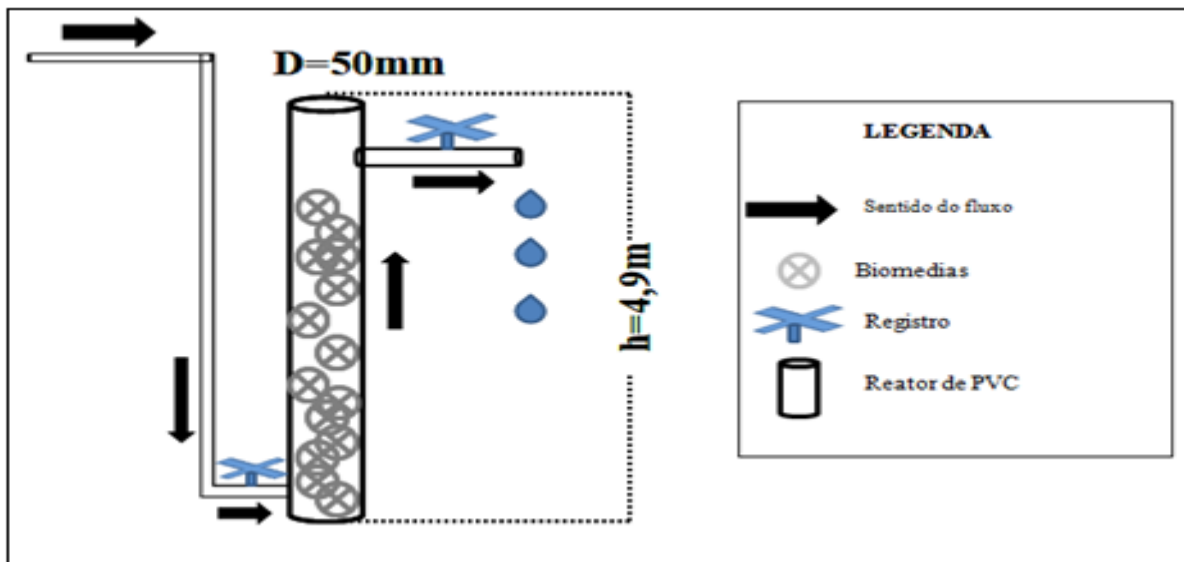


Figura 3 - Sistema do reator instalado na piscicultura.

Os parâmetros analisados neste experimento foram: nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, temperatura, pH, alcalinidade e oxigênio dissolvido, os procedimentos empregados foram realizados conforme descrito no tópico 2.3.

2.4.2 Experimento 2 – Efluente sintético

Um segundo experimento foi montado, e este permaneceu no Laboratório de Saneamento (SANEAM). O experimento (reator) era constituído de material acrílico de 6 mm de espessura, com formato retangular, apresentava um volume de 2.537 mL, com as seguintes dimensões: 42 cm de altura, 24 cm de largura e 11,8 cm de comprimento (FIGURA 4). A aeração no reator era contínua e promovida por meio de uma pedra porosa de ar, não houve agitação. Controladores de vazão e temporizadores foram configurados para manter a entrada do efluente. O período de funcionamento desse sistema foi de 30 dias e o THR foi de 1 dia.

O efluente introduzido neste sistema foi desenvolvido em laboratório e sua composição está descrita na Tabela 6. Este efluente não foi mantido sob refrigeração a fim de obter condições semelhantes às reais de efluente de piscicultura. As taxas de alimentação do efluente de entrada sofreram variações diárias, sendo a concentração inicial de 1,5 L.d⁻¹ e a final de 30 L.d⁻¹

Tabela 6 - Composição do efluente sintético.

Substância	Concentração (mg.L⁻¹)
Bicarbonato de Sódio (NaHCO ₃)	250
Carbonato de Sódio (Na ₂ CO ₃)	383
Fosfato Dipotássico (K ₂ HPO ₄)	56,2
Fosfato Monopotássico (KH ₂ HPO ₄)	43,9
Cloreto de Amônio (NH ₄ CL)	230,9
Acetato de Sódio	352,3
Glicose	187,6

O efluente sintético foi feito em um Becker de 2 L, posteriormente foi realizada uma diluição, onde, deste efluente foi coletado 100 mL e inserido em um galão de 40 L. Os parâmetros analisados neste experimento foram: nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, temperatura e pH, os procedimentos foram empregados conforme descrito no tópico 2.3.

2.4.3 Material Suporte

O suporte empregado para o crescimento da biomassa para ambos os experimentos foi da marca Anox Kaldnes do tipo K1, esses suportes denominados *biomedias*, possuem formatos cilíndricos e as seguintes dimensões: 7,2 mm de comprimento e 9,1 mm diâmetro (FIGURA 4). Para o experimento 1, foram introduzidas cerca de 450 mL de *biomedias*. Para o experimento 2 foram introduzidos cerca de 962 mL de *biomedias*.



Figura 4 - Suportes Kaldnes K1 utilizados no sistema MBBR.
Fonte: Arquivo próprio.

2.5 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

2.5.1 Área de estudo

A bacia do Rio Urupá drena uma área de aproximadamente 4.209 km² desde sua nascente na reserva indígena Pacaás Novos, até sua foz no município de Ji-Paraná (BALLESTER et. al 2002). Sua nascente encontra-se a 315 km da capital Porto Velho. A bacia estende-se pelos municípios de: Jaru, Teixeirópolis, Nova União, Alvorada d'Oeste, Presidente Médici, Mirante da Serra, Urupá, Ouro Preto d'Oeste (FIGURA 5).

2.5.2 Aquisição das Imagens

As imagens utilizadas foram obtidas gratuitamente no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e são provenientes do satélite LANDSAT 5 sensor Multispectral Scanner (MSS), bandas 3 (B), 4 (G) e 5 (R), do ano de 2018. As imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) utilizadas foram as cartas SC-20-Z-A e SC-20-Z-C do Estado de Rondônia disponível no site da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

O software empregado para a realização das atividades foi o SPRING – Sistema de Processamento de Informações Geográficas versão 5.1.8, disponível gratuitamente no site do INPE. E para elaboração dos mapas utilizou-se o software ArcGis 10.4 versão gratuita para estudante.

2.5.3 Processamento digital de imagem

Foram realizadas as etapas básicas do PDI: pré-processamento, realce de imagem e análise de padrão. No pré-processamento foi realizado o georreferenciamento das imagens, usando como referência a hidrografia do estado de Rondônia disponibilizado pelo IBGE. Nas coordenadas Geográficas DATUM Sirgas 2000, zona 20 Sul. Na etapa de realce, foi aplicado a composição colorida 3 (B), 4 (G), 5 (R) para o Landsat 5 e 4 (R), 5 (G), 6 (B) para o Landsat 8. Na etapa de análise ocorreu a extração de informação da imagem, onde inicialmente realizou-se a segmentação e em seguida a classificação do uso e ocupação do solo.

A classificação foi feita através do método supervisionado Batthacharya com limiar de aceitação 99%, classificação por regiões utilizando a junção dos pixels e seus vizinhos (SANTOS 2010). O processo de classificação iniciou-se com a etapa do treinamento baseado no manual de uso da terra do IBGE (2006). As classes de uso foram definidas como: água, floresta, vegetação (cerrado), solo exposto, pastagem, urbanização, nuvens, sombras de nuvens, queimadas e afloramentos rochosos.

Em seguida, foi realizado o procedimento de pós-classificação da imagem com objetivo de eliminar pontos isolados no processo, classificados diferentemente de sua vizinhança para gerar uma imagem classificada com menos ruído (SANTOS et al. 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA PISCICULTURA EM ESTUDO

Neste tópico serão demonstrados os resultados obtidos nas análises físico-químicas realizadas em um sistema de piscicultura de engorda e recria no estado de Rondônia, os resultados serão comparados com a legislação vigente, sendo elas: a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Resolução CONAMA nº 430/2011.

3.1.1 Temperatura

A temperatura da água no sistema de piscicultura é um parâmetro importante que pode variar devido alguns fatores, como: profundidade, incidência solar, estação do ano e período do dia (CETESB, 2009). Como demonstra a Figura 5, na piscicultura em estudo a temperatura teve mínima de 27,2 °C (P7), máxima de 30,1 °C (P2) e apresentou uma média de 28,4°C entre os pontos

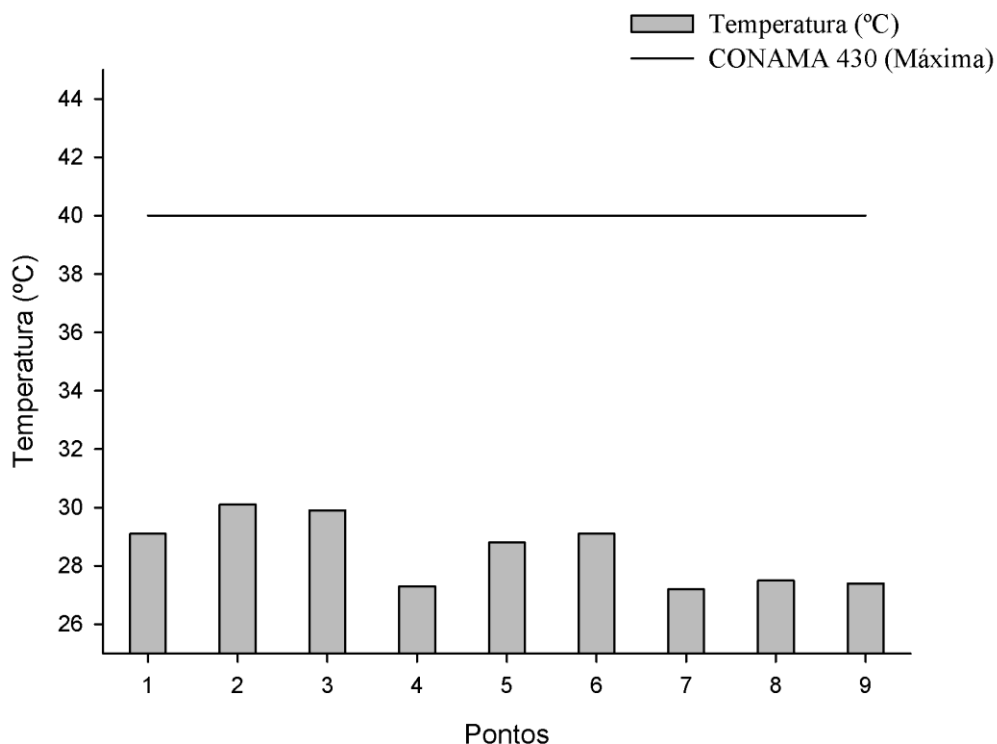


Figura 5 - Valores de temperatura dos pontos no mês de setembro de 2018.

A menor temperatura registrada foi no ponto onde ocorre a captação da água para abastecimento da piscicultura (P7), sendo este o ponto que advém do corpo hídrico que abastece o sistema, que se encontra protegido por mata ciliar que impede a alta incidência de raios solares, estudos similares na região, como o de Paiva (2014) do município de Ji-Paraná/RO encontrou valores no ponto de captação de 22,2°C, no mesmo período.

A maior temperatura encontrada foi no ponto 2, que consiste no tanque de cultivo com matrizes da espécie tambaqui (30,1 °C), o tanque não possui nenhum tipo de cobertura e encontra-se exposto a incidência solar constante, um fato preocupante pois a temperatura influencia na quantidade de oxigênio dissolvido no meio, quanto mais alta a temperatura menor a solubilização de gases e consequentemente menor a entrada de oxigênio dissolvido no meio e isso pode comprometer todo o sistema produtivo. De acordo com Martins (2016) a faixa ótima de temperatura para crescimento e desenvolvimento dos peixes em águas tropicais é de 20 a 28 °C e temperaturas acima de 32 °C podem causar a mortalidade dos peixes, assim faz-se necessário o monitoramento deste parâmetro nos tanques de cultivo.

Quanto ao tanque de decantação (P8) e o ponto de lançamentos dos efluentes do sistema em estudo (P9), as temperaturas registradas foram de 27,5 e 27,4 °C respectivamente, ambos os pontos se mantiveram a baixo de 40 °C, que é limite máximo deste parâmetro para lançamento de efluentes estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011.

3.1.2 Potencial hidrogênionico(pH)

O pH representa a concentração de íons hidrogênio H^+ na água, que indica as condições de acidez, neutralidade ou alcalinidade no meio (VON SPERLING, 1995). Alguns fatores como fotossíntese, temperatura, adubação e calagem no sistema influenciam nas variações de pH. Os valores encontrados de pH foram: máximo de 7,57 no ponto 9 e o menor valor 6,97 no ponto 1, a média de pH entre os pontos foi de 7,3 (FIGURA 6).

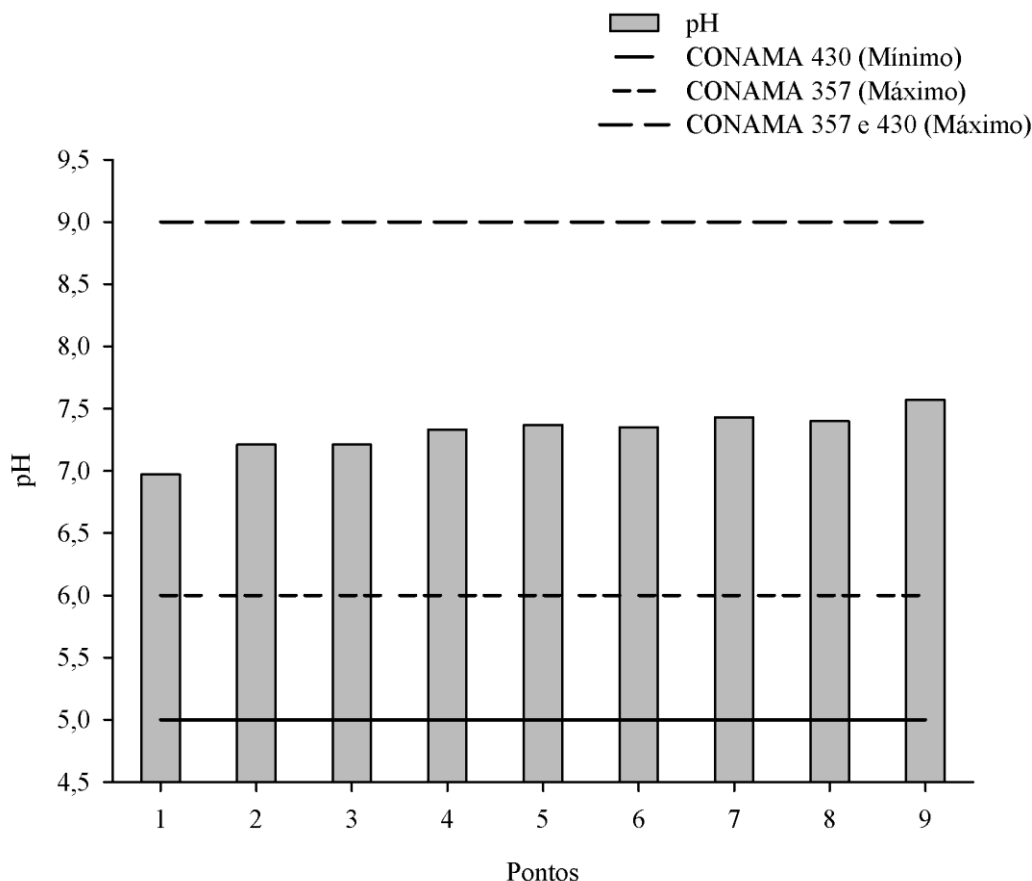


Figura 6 - Valores de pH dos pontos no mês de setembro de 2018.

Para que não ocorra estresse entre os organismos cultivados alguns autores como Ostrensky e Boeger (1998) recomendam valores de pH entre 6 e 9. O maior valor encontrado

foi de 7,57 no ponto onde ocorre o lançamentos dos efluentes e o menor valor foi no ponto 1 que é um tanque de cultivo de peixes da espécie tambaqui (6,97).

O valor de pH encontrado na água de abastecimento do sistema (7,43) não se difere expressivamente dos valores encontrados nos pontos de decantação (P8) e de onde ocorre o lançamento (P9), assim é possível observar que o sistema não está alterando a água ao se tratar do referido parâmetro, no período analisado. Contudo, em todos os pontos os valores de pH se encontraram entre os valores máximos e mínimos estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 357 e 430.

3.1.3 Turbidez

A Turbidez é definida como a medida da capacidade que a água tem de dispersar a radiação e está associada à presença de partículas sólidas em suspensão no meio (MERCANTE et al., 2011; VON SPERLING, 1995). É um parâmetro importante para piscicultura, valores altos podem indicar problema no cultivo, pois as partículas em suspensão impedem a passagem de luz solar no meio o que diminui a fotossíntese e o oxigênio do meio.

De acordo com a Figura 7 o máximo valor encontrado foi no ponto 3 (28,4 UNT), o mínimo no ponto 9 (6,4 UNT) e a média obtida entre os pontos foi de 14,5 UNT. Todos os valores obtidos nos pontos ficaram em conformidade com a resolução CONAMA 357/2005, que determina para os corpos hídricos de classe II valor máximo de 100 UNT.

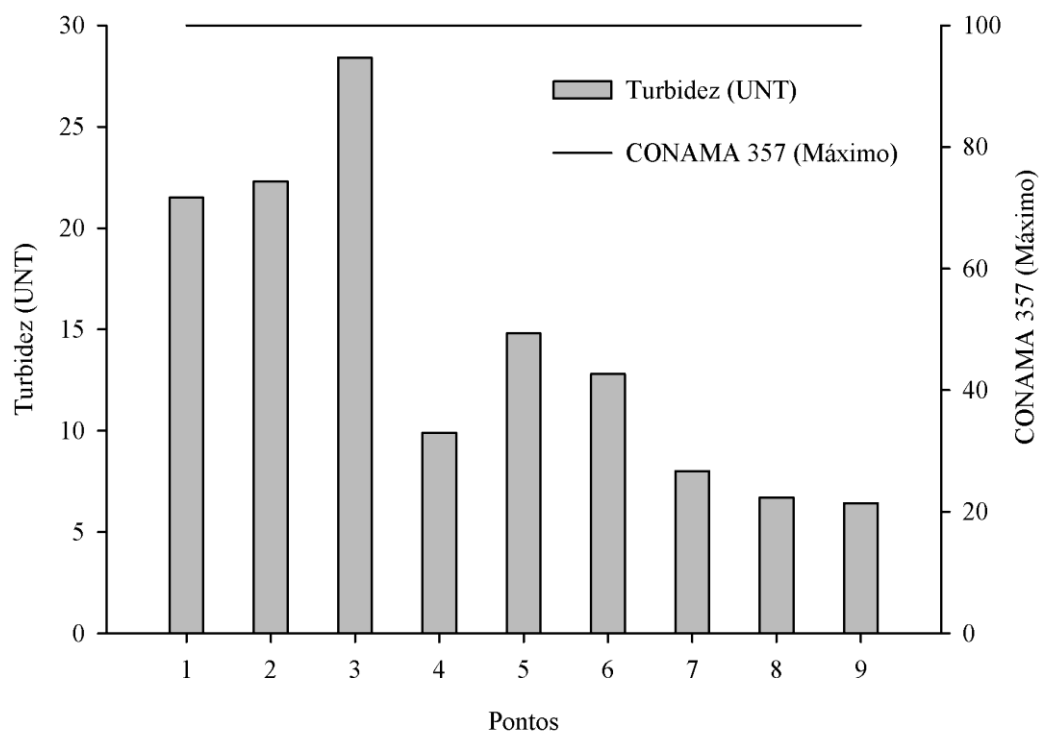


Figura 7 - Valores de turbidez dos pontos no mês de setembro de 2018.

O maior valor encontrado foi no ponto 3 que corresponde a um tanque de cultivo de peixes juvenis da espécie pintado (28,4 UNT), Mercante et al.,(2011) afirma que a condutividade elétrica e a quantidade de fitoplâncton no meio, são influenciados pela turbidez da água. Valores altos de turbidez indicam grande quantidade de sólidos suspensos no meio, que impedem a passagem da radiação solar e conseqüentemente o desenvolvimento do fitoplâncton que é responsável por realizar a fotossíntese e fornecer oxigênio dissolvido na coluna da água. Neste ponto a presente pesquisa encontrou valores de $62,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para condutividade elétrica e $1,7 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para o OD, o menor valor encontrado para tal parâmetro em todos os pontos, corroborando com o exposto acima.

Mais uma vez o parâmetro turbidez se mostra intrínseco com a condutividade elétrica, o menor valor encontrado para turbidez, foi no ponto 9 (6,41 UNT), que é o ponto de saída do sistema e neste também foi encontrado o menor valor de condutividade elétrica. Os valores encontrados neste trabalho para turbidez foram semelhantes aos encontrados por Ishii (2016) e Paiva (2014) que encontram valores inferiores a 37 UNT durante todo o período amostrado.

3.1.4 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica indica a facilidade ou dificuldade de conduzir eletricidade em um determinado meio (SERWAY;JEWETT JR, 2004). Compostos orgânicos, inorgânicos e a temperatura podem interferir na condutividade elétrica da água, em sua maioria este parâmetro é representado pela quantidade de sólidos dissolvidos na água onde se destacam os compostos iônicos (cloretos, sulfatos, nitratos) e catiônicos (sódio, magnésio, nitrogênio amoniacal, cálcio) (ROSA, 2015).

Conforme demonstra a Figura 8, a condutividade da água teve seu valor máximo no ponto 1 ($69,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), o mínimo no ponto 9 ($51,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e a média de $56,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ entre os pontos.

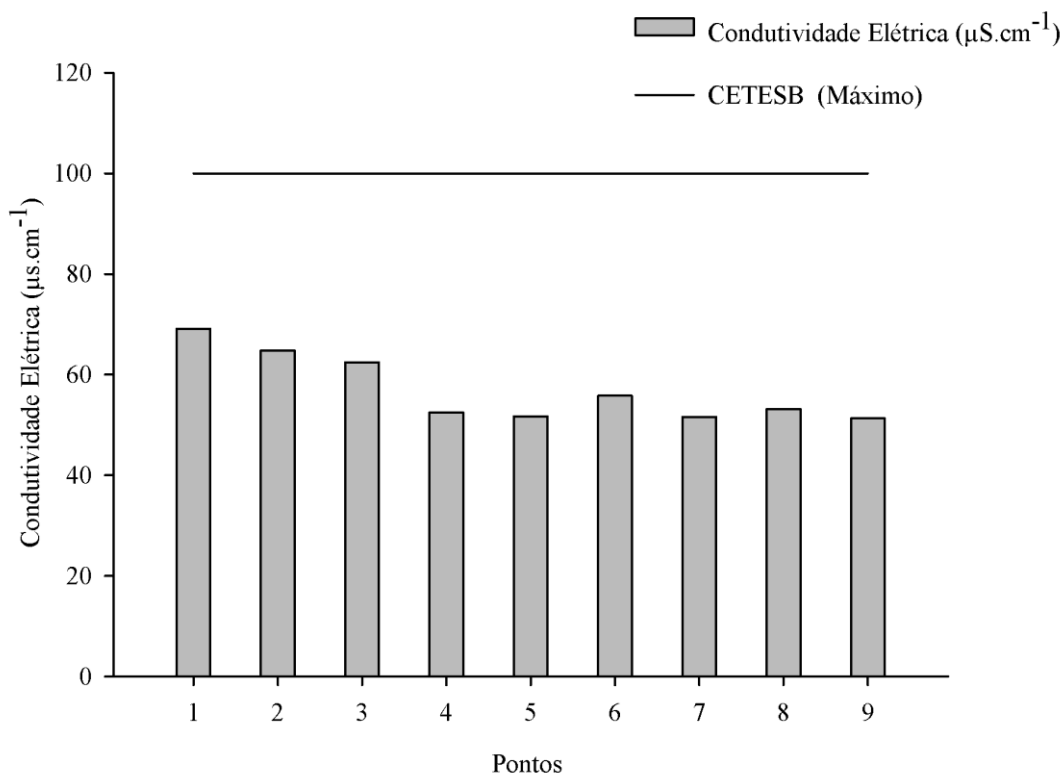


Figura 8 - Condutividade elétrica nos pontos no mês de setembro de 2018.

O maior valor encontrado foi no ponto 1 ($69,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) que corresponde ao tanque de matrizes da espécie tambaqui, neste tanque devido ao cultivo das matrizes que são peixes adultos, aptos a procriar ocorre a maior entrada de rações e durante sua decomposição esta é convertida em sólidos dissolvidos distribuídas no meio, podendo ser um provável fator de aumento da condutividade elétrica na água (RONDÔNIA, 2014; FILHO, 2017).

O menor valor encontrado foi no ponto 9 ($51,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) onde ocorre o lançamento dos efluentes da piscicultura, este ponto possui alta vazão, assim supõe-se concentrar menor quantidade de sólidos dissolvidos na água e conseqüentemente menor condutividade elétrica.

As Resoluções 357/2005 e 430/2011 não estabelecem valores máximos para o parâmetro condutividade elétrica, desta forma o presente trabalho utilizou como referência para comparação dos resultados os valores estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo- CETESB. A CETESB (2009) estabelece que valores de condutividade elétrica maiores que $100\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ podem indicar ambientes impactados. Ainda, de acordo com a EMBRAPA (2011) valores desejáveis de condutividade elétrica para um bom desenvolvimento dos peixes dever ser entre 20 e $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Contudo, nenhum dos pontos analisados se encontrou acima do valor máximo permitido e recomendado para o cultivo de peixes, demonstrando que a piscicultura em estudo está de acordo ao se tratar deste parâmetro com os valores estabelecidos no período analisado.

3.1.5 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é um parâmetro fundamental para manutenção da vida dos organismos aquáticos e a para se mensurar a qualidade da água, segundo Von Sperling (2014) o OD é o principal parâmetro que determina o impacto dos poluentes sobre os corpos hídricos. A entrada desse gás na água se dá por meio de duas formas, sendo elas:

Difusão direta, através do contato do ar atmosférico com a água e pelo processo de fotossíntese que é a liberação do OD por meio de processo fotossintético realizado pelo fitoplâncton, sendo esta a principal fonte de entrada de OD em um sistema de cultivo (SILVA et al, 2011).

O valor máximo encontrado foi no ponto 7 de $6,6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, o mínimo de $1,7 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e média de $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (FIGURA 9).

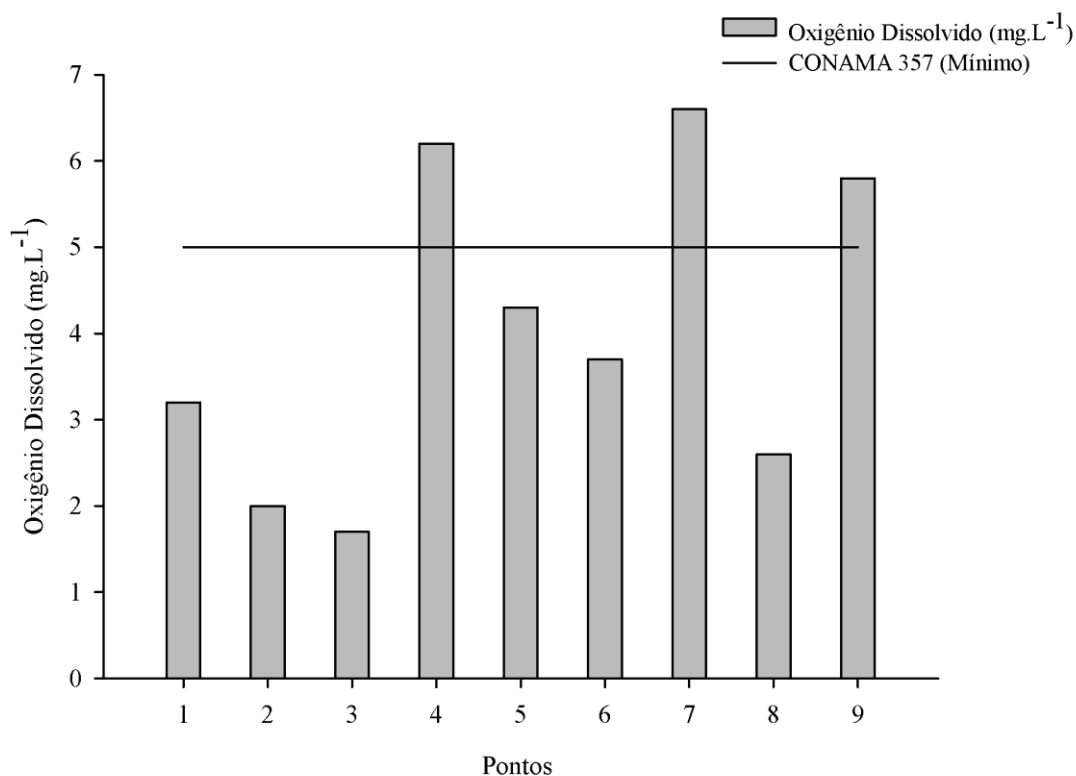


Figura 9 - Valores de oxigênio dissolvido nos pontos no mês de setembro de 2018.

Encontrou-se o maior valor no ponto 7 (6,6 mg.L⁻¹) que corresponde ao ponto onde ocorre a captação da água que abastece o sistema, neste ponto o fluxo de água é contínuo e o mesmo possui no seu entorno vegetação arbórea de porte médio que provavelmente diminui a entrada de radiação solar. A temperatura encontrada neste ponto foi de 27,2 °C o menor valor entre todos os pontos, segundo Jianet al (2003), a temperatura uma variável importante que pode afetar a entrada e consumo de oxigênio na água, sendo este parâmetro um dos possíveis responsáveis pelo valor de OD encontrado neste ponto.

Os menores valores encontrados foram de 1,7 mg.L⁻¹ e 2,0 mg.L⁻¹, nos pontos 3 e 2 que consistem em viveiro de criação de peixes juvenis da espécie pintado e tanque de criação de matrizes da espécie jatuarana, respectivamente. Nestes pontos foram registrados os maiores valores de temperatura sendo 29,9 °C(P2) e 30,1°C(P3) mais uma vez pode-se correlacionar este parâmetro com os valores encontrados de OD, Ayroza, (2012) afirma que as menores concentrações de oxigênio dissolvido podem ser associadas ao período mais quente (período em estudo), quando é menor a solubilidade do oxigênio dissolvido e mais intenso o metabolismo dos peixes.

Outro fator de diminuição de OD na coluna d'água em um sistema de piscicultura esta associada à prática de adubagem que é realizada no sistema normalmente com o intuito de

aumentar a produção primária (fitoplâncton), essa adução é feita com matéria orgânica (esterco de boi, galinha e porcos) que ao ser oxidada consome consideráveis concentrações de OD. Além disso, a constante adição diária de ração, que somada aos produtos de excreção dos peixes aumentam os processos de fotossíntese/respiração e, conseqüentemente, levam a uma alta decomposição e consumo de OD (OLIVEIRA et al., 1992).

Quanto ao tanque de decantação (P8) o valor encontrado de OD foi de $2,6 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo um dos menores valores encontrados dentre os pontos, os efluentes do sistema passam por este tanque antes do lançamento final (P9), este tanque possui como característica uma grande concentração de macrofitas aquáticas que cobrem boa parte de sua lamina d'água diminuindo então a entrada de radiação solar e conseqüentemente a fotossíntese e as trocas gasosas entre água e atmosfera.

Os valores obtidos para este parâmetro em praticamente quase todos os pontos analisados se encontraram abaixo de 5 mg/L , valor mínimo que estabelece a Resolução 357/05 para corpos hídricos de classe II.

3.1.6 Alcalinidade Total

A alcalinidade indica a concentração de íons carbonatos e bicarbonatos (bases) que existem na água, este parâmetro é responsável pelo poder tampão, que impede que ocorram grandes e rápidas variações de pH no meio (OSTRENSKY; BOEGER, 1998). Para que se tenha bons resultados nos sistemas de cultivos é necessário que a alcalinidade esteja entre 20 e 300 mg.L^{-1} (EMBRAPA, 2014). Todos os valores encontrados nesta pesquisa estão em consonância com os valores recomendados para um bom cultivo de peixes, como demonstra a Figura 10.

O máximo valor encontrado foi de 37 mg.L^{-1} no ponto, o mínimo foi de 29 mg.L^{-1} e a média entre os pontos foi de $31,6 \text{ mg.L}^{-1}$.

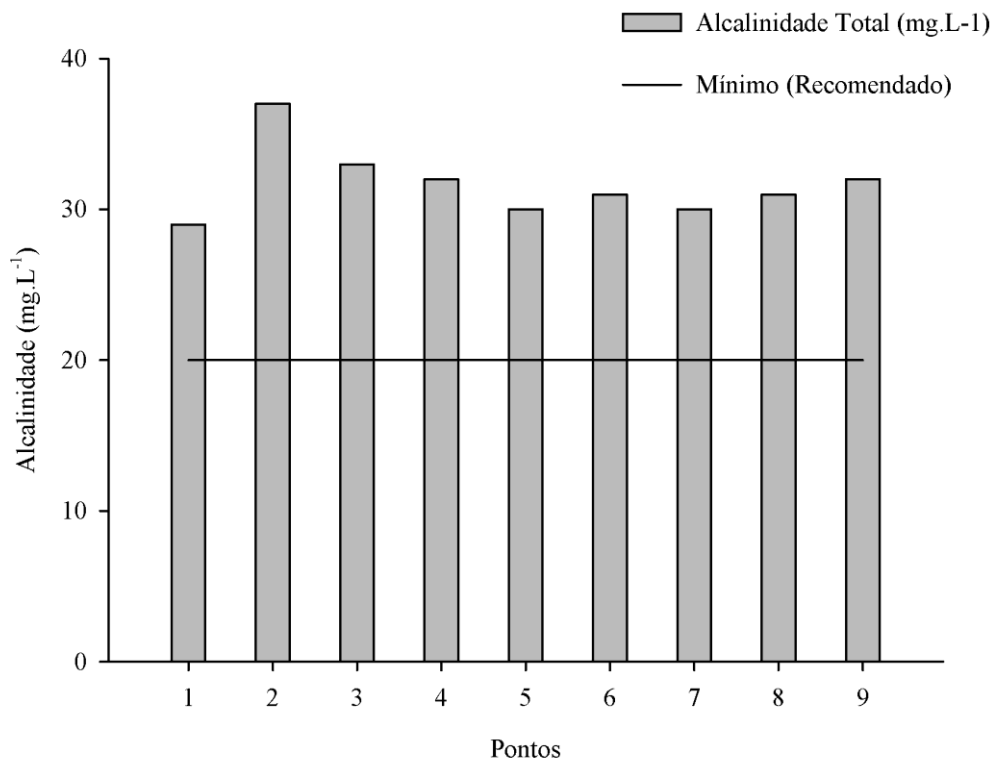


Figura 10 - Valores de alcalinidade nos pontos no mês de setembro de 2018.

A principal fonte de alcalinidade empregada nos sistemas de cultivos é a utilização da cal hidratada, que objetiva a correção do pH em solos ácidos ($\text{pH} < 7$), essa prática é realizada principalmente quando os viveiros estão vazios. Ostrensky e Boeger (1998) elucidam que em solos ácidos, há uma tendência que a água também seja ácida, o que dificulta o aumento do fitoplâncton e propicia problemas no crescimento dos peixes.

Simões et al., (2007) encontraram alta correlação entre os parâmetros condutividade e alcalinidade ao avaliarem o efeito da piscicultura em sistemas aquáticos no estado de São Paulo, os autores associaram essa relação devido à introdução de íons (principalmente HCO_3^-) ao meio aquático por duas fontes principais: o uso de calcário nos tanques de piscicultura, e esterilizar o leito seco de berçários de alevinos.

3.1.7 Nitrogênio amoniacal

Compostos nitrogenados em concentrações elevadas são indesejáveis em meios aquáticos, tais compostos (nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato) podem criar condições favoráveis ao crescimento excessivo de algas, favorecendo a eutrofização dos corpos hídricos

(CARMINATI, 2016). Em um sistema de cultivo o nitrogênio amoniacal deve ser monitorado, pois a amônia não ionizada (NH_3) é tóxica aos peixes em concentrações entre 0,2 a 2,0 mg.L^{-1} (ALABASTER e LOYD, 1982).

O valor máximo encontrado foi de 2,44 $\text{mg.L}^{-1}\text{N}$ no ponto 3, mínimo de 0,76 $\text{mg.L}^{-1}\text{N}$ e média de 1,24 $\text{mg.L}^{-1}\text{N}$ Nentre todos os pontos (FIGURA 11).

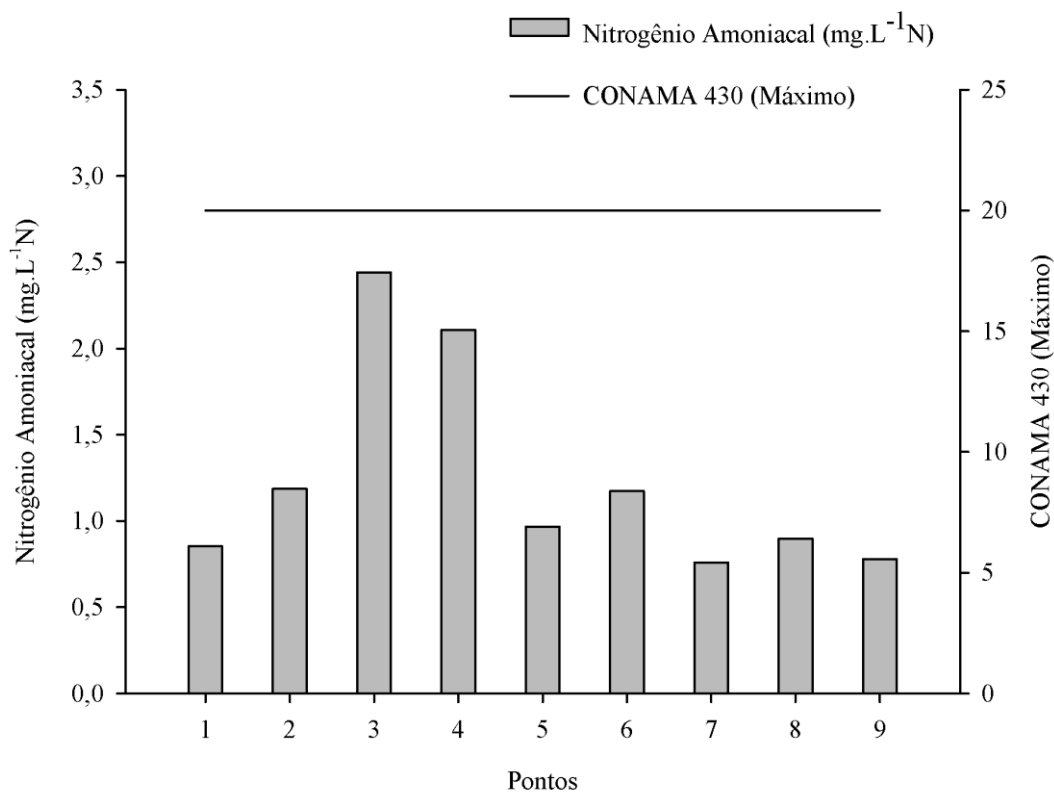


Figura 11 - Valores de nitrogênio amoniacal nos pontos no mês de setembro de 2018.

O máximo valor encontrado foi no ponto 3 (2,44 $\text{mg.L}^{-1}\text{N}$) que corresponde ao tanque de com peixes juvenis da espécie pintado, eneste mesmo foi encontrado o menor valor para o parâmetro oxigênio dissolvido (1,7 mg.L^{-1}), a oxidação biológica do nitrogênio amoniacal a nitrato é denominada nitrificação, a nitrificação é um processo predominantemente aeróbio, assim pode-se inferir devido a etapa de nitrificação neste tanque pode ter influenciando numa menor concentração de oxigênio dissolvido (HUSSAR, 2002), visto que são necessários 4,57 g de O_2 devem ser fornecidos por grama de nitrogênio oxidado (METCALF & EDDY, 2017).

Nos sistemas de cultivos, Bastos (2003) relata que as principais fontes de amônia são através dos excrementos dos peixes, os fertilizantes químicos e a degradação bacteriana dos compostos nitrogenados. Ainda, de acordo com Von Sperling (2014) o nitrogênio amoniacal pode estar na forma de amônia livre (NH_3) ou íon amônio (NH_4^+), sua predominância irá

depende do pH, em meios ácidos predomina o NH_4^+ , já em meios básicos ocorre a predominância do NH_3 .

O menor valor encontrado foi no P7 ($0,76 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$) que é o ponto de captação de entrada da água que abastece todo o sistema, é possível notar que houve um aumento representativo indicando assim há uma possível alteração na água ao adentrar o sistema, principalmente no ponto 3, Castelani e Barrela (2006) encontraram diferenças significativas de nitrogênio amoniacal na água de abastecimento e no efluente de saída (46,2%) ao analisarem os impactos da atividade de piscicultura na bacia do rio Ribeira de Iguapé, SP, assim concluíram que as águas de abastecimento, após passagem pelos viveiros das pisciculturas pesquisadas no período apresentaram alterações de suas características físicas e químicas.

Todos os valores encontrados para este parâmetro, ficaram em consonância com o preconizado na Resolução CONAMA 430/2011, que estabelece $20 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ para lançamentos de efluentes.

Parte do nitrogênio amoniacal presente nos cultivos é transformada em nitrito e posteriormente em nitrato, através da ação microbiológica. Por isso, assim como o nitrogênio amoniacal, em praticamente todos os cultivos de peixes são encontradas concentrações de nitrito e nitrato. O nitrito, geralmente, passa a ser tóxico para os peixes quando as concentrações na água passam de $0,5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, este composto é responsável por causar a metahemoglobinae como consequência a morte dos peixes por falta de oxigênio (OSTRENSKY e BOEGER, 1998). Já o nitrato praticamente não é tóxico para os peixes e é um parâmetro indicativo de poluição remota (SILVA, 2007).

A Tabela 7 demonstra os valores encontrados para os parâmetros nitrito e nitrato em todos os pontos.

Tabela 7 - Valores de N-Nitrito e N-Nitrato encontrados nos pontos no mês de setembro de 2018.

Pontos	Nitrito (mg.L ⁻¹ N)	Nitrato (mg.L ⁻¹ N)
P1	0,03	NI
P2	<0,02	<0,2
P3	<0,02	<0,2
P4	<0,02	NI
P5	<0,02	0,25
P6	0,04	<0,2
P7	<0,02	NI
P8	<0,02	0,24
P9	NI	0,26

NI: Não identificado.

A Resolução CONAMA 430/2011 não estabelece valores máximos permitidos para tais parâmetros. A Resolução CONAMA 357/2005 preconiza que para corpos hídricos de classe II o limite máximo de nitrito permitido é de 1,0mg.L⁻¹N e nitrato de 10 mg.L⁻¹ N em todos os pontos tais parâmetros ficaram dentro do estabelecido.

3.1.8 Fósforo Total

O fósforo pode se apresentar nas formas inorgânicas (polifosfatos e ortofosfatos) e orgânica, e é responsável por alguns processos importantes no meio aquático, como fotossíntese, respiração e síntese proteica, e é um elemento fundamental na cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos. Em um sistema de cultivo, o fósforo pode ter diversas fontes como dissolução de compostos do solo, decomposição de matéria orgânica, fertilizantes e excrementos de animais (MOTA, 2010).

É um parâmetro importante de se monitorar, pois é um nutriente essencial para o crescimento de algas, que pode, em sua elevada concentração acarretar alguns danos no meio, como a eutrofização. Conforme a Figura 12, o valor máximo encontrado foi de 0,69 mg.L⁻¹ P no ponto 6, o mínimo foi de 0,07 mg.L⁻¹ P no ponto 8 e a média entre os pontos foi de 0,28 mg.L⁻¹ P.

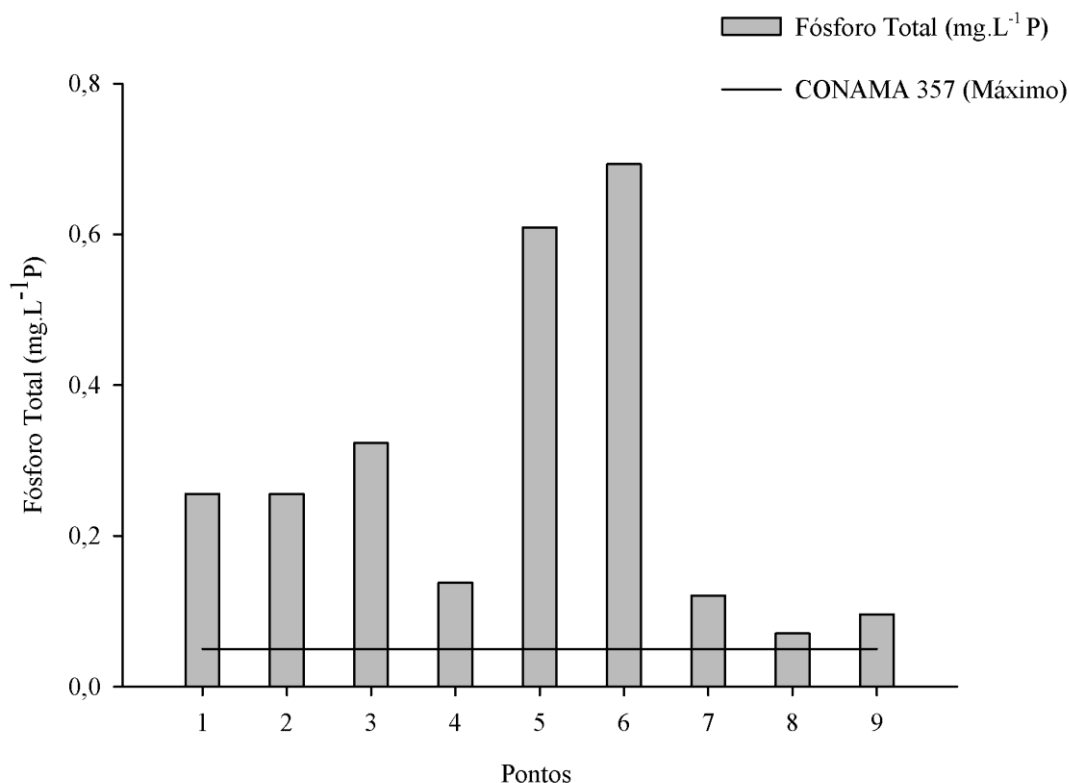


Figura 12 - Valores de fósforo total nos pontos no mês de setembro de 2018.

O fósforo é considerado nutriente essencial para a formação da estrutura óssea e para o metabolismo corporal dos organismos aquáticos. Portanto, a sua presença em concentração adequada nas rações é imprescindível para atender à exigência nutricional do animal (DIETERICH et al.,2012). No entanto alguns autores relatam que na maioria das rações comerciais os níveis de fósforos estão acima do desejado das exigências nutricionais.

Assim, Silva (2007) relata que a elevada da concentração de fósforo nos viveiros pode estar relacionada principalmente com a ração não consumida, fezes e várias frações excretadas pelas brânquias e urina.

O maior valor encontrando foi no ponto 6 (0,69 mg.L⁻¹ P) que é um tanque de engorda de peixes da espécie pintado, já o menor valor encontrado, foi no P8 (0,07 mg.L⁻¹ P) que consiste no tanque de decantação dos efluentes provindos do sistema de piscicultura, este tanque possui quantidade considerável de macrófitas aquáticas, Bento et al., (2007) ao estudarem o papel das macrófitas aquáticas emersas no ciclo do fósforo em lagos rasos concluíram que em decorrência dos mecanismos utilizados por macrófitas aquáticas emersas, esse grupo de vegetais pode ser considerado como um acumulador de fósforo em lagos rasos.

Ainda relatam que a absorção de fósforo por macrófitas aquáticas acontece principalmente pelo rizoma e esta absorção na maior parte dos casos de forma diferencial, sendo o fósforo preferencialmente absorvido em relação a outros nutrientes (MIAO; SKLAR 1998).

A Resolução CONAMA 430/2011 não estabelece valores máximos para o parâmetro fósforo, já a CONAMA 357/2005 estabelece valor máximo de até $0,050 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$. A maiorias dos pontos amostrados estão com valores acima do preconizado na legislação vigente.

3.2 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE NITROGÊNIO AMONÍACAL POR REATOR MBBR

3.2.1 Experimento 1 – Efluente Real

Na tabela 8 é apresentada uma caracterização do efluente aplicado ao sistema, a fim de se obter sua situação inicial e a necessidade de tratamento. Esta caracterização foi realizada na primeira coleta, no mês de março de 2018, período considerado úmido na região segundo Webler(2011). É válido ressaltar que o tanque escolhido para a montagem do reator não possuía nenhum tipo de cobertura, desta forma encontrava-se sob influência de ações climáticas no período em estudo.

Tabela 8 - Caracterização do efluente da piscicultura no mês de março de 2018.

Parâmetros	Valores
Alcalinidade	$22,0 \text{ mg.L}^{-1}$
Condutividade	$44,0 (\mu\text{S.cm}^{-1})$
ORP	-37,5
pH	8,03
Temperatura	$24,6 \text{ }^\circ\text{C}$
Turbidez	45 UNT
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$1,89 \text{ mg. L}^{-1}$
$\text{NO}_2\text{-N}$	$0,01 \text{ mg. L}^{-1}$
$\text{NO}_3\text{-N}$	$0,16 \text{ mg. L}^{-1}$

Conforme demonstra a tabela a temperatura foi inferior ao preconizado na Resolução CONAMA nº430/2011, que estabelece o valor máximo de $40 \text{ }^\circ\text{C}$, para lançamento em corpo hídrico. O pH também se enquadra nos dispostos na legislação, que estabelece valores entre 5 e 9. Com relação às formas nitrogenadas, esta Resolução estabelece valores apenas para

nitrogênio amoniacal (NH_4^+), sendo o máximo de $20 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para tal parâmetro o efluente já se encontrava adequado a norma.

Utilizou-se a Resolução CONAMA nº 357/2005, para comparação dos parâmetros nítrito e nítrato, os valores estabelecidos para tais parâmetros para o enquadramento do corpo hídrico são de no máximo $1 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ e $10 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ para nítrito e nítrato para o rio de classe 2, respectivamente, e o efluente se encontrava adequado ao preconizado.

Todos os valores encontrados dos parâmetros analisados durante a caracterização do efluente estavam em consonância com a legislação vigente. Ainda assim se optou em montar o reator a fim de verificar sua eficiência na remoção principalmente de compostos nitrogenados, visto que o alto volume de efluente gerado pode influenciar a bacia de abastecimento.

O reator foi montado no mês de março de 2018, e as coletas foram realizadas mensalmente nos meses de: março (Coleta 1), abril (Coleta 2), maio (Coleta 3), junho (Coleta 4), julho (Coleta 5), agosto (Coleta 6) e setembro (Coleta 7), as coletas foram realizadas na última semana de cada mês.

A Figura 13 demonstra os valores alcançados de remoção para o parâmetro nitrogênio amoniacal, sendo 30,16%, 32,2%, 27,6%, 47,8%, 56,3%, 54,2% e 5,3% para as coletas 1,2,3,4,5, 6 e 7, respectivamente.

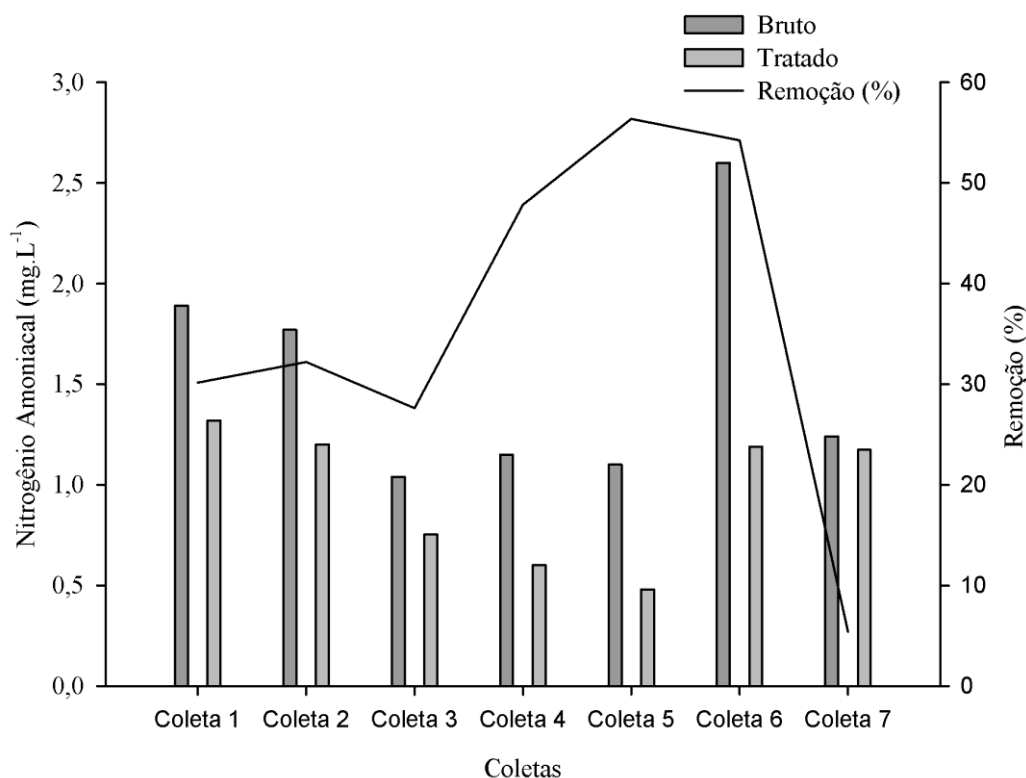


Figura 13 - Eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal.

É possível observar que foram alcançadas boas taxas de remoção ao considerar o efluente real, sendo o valor máximo de remoção de 56,3% na Coleta 6. No entanto, acredita-se alguns fatores operacionais possam ter influenciado para que houvesse um melhor resultado, como por exemplo: entupimento da entrada ou saída do reator, falta de oxigênio dissolvido no sistema, excesso de lodo no interior do reator e ausência de visitas diárias para manutenção e controle do sistema.

Para que o sistema opere com uma máxima eficiência é necessário que seja feita algumas considerações em relação a ele, pois por se tratar de um sistema biológico é imprescindível que seja estipulados valores de alguns parâmetros como oxigênio dissolvido, temperatura e pH, sendo que estes influenciam no processo de nitrificação que são as etapas de remoção de nitrogênio amoniacal no meio realizados pelas bactérias nitrosomonas e nitrobacter.

O processo de nitrificação é um processo extremamente delicado, o qual o oxigênio é o aceptor final de elétrons, desta forma, condições aeróbias são imprescindíveis para tal reação, que são viabilizadas por bactérias autotróficas, tais bactérias utilizam carbono inorgânico na síntese celular (CARMINATI, 2016), como demonstra na Figura 11 houve um crescimento da eficiência com o tempo, porém no ponto 7 o sistema apresentou baixa eficiência devido a saída de água estar entupida, assim gerando um ambiente com ausência de oxigênio.

Além disso, é necessário que o sistema não sofra por limitação de carbono e nitrogênio, pois são de grande importância para o processo de nitrificação/desnitrificação, uma vez que estes afetam a dinâmica das comunidades microbianas envolvidas nos processos (TEIXEIRA 2006; CARRERA et al., 2004).

Outro fator que pode ter contribuído para dificuldades nos processos operacionais de remoção do reator é a presença excessiva de sólidos em suspensão o que foi constatado no momento da última coleta. Lima (2014) elucida que para uma boa nitrificação/desnitrificação, o pH deve ser mantido entre 7 e 9, a temperatura deve estar entre 28 e 36 °C e o oxigênio dissolvido em no mínimo 2 mg.L⁻¹ pois estes valores propiciam um melhor desenvolvimento das bactérias.

A Figura 14 demonstra os valores encontrados para o parâmetro pH durante a realização do experimento.

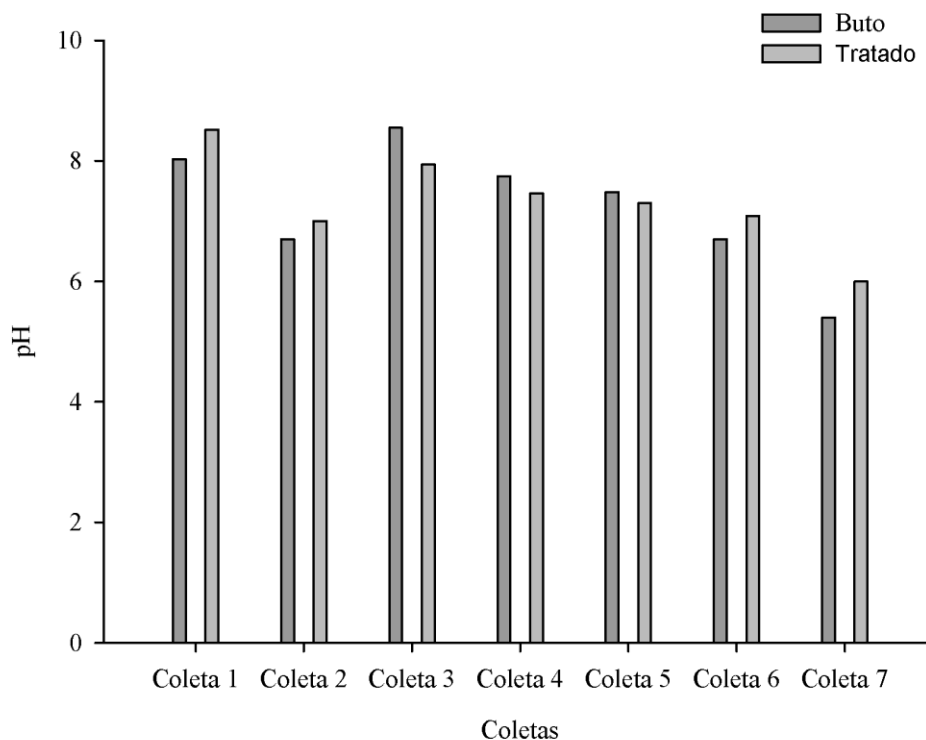


Figura 14 - Valores encontrados de pH em todas as coletas realizadas.

É possível perceber que os valores de pH não ficaram entre os recomendados para um ótimo processo de nitrificação/desnitrificação. Os menores pH's registrados foram na Coleta 7 (5,4 e 6) que também foi a que obteve a menor remoção de nitrogênio amoniacal (5,3%), assim pode-se inferir que é possível que este parâmetro tenha influenciado no processo de remoção de nitrogênio, em consonância a isto ao se fazer a relação alcalinidade/nitrogênio amoniacal foram encontrados os menores valores nesta mesma coleta, conforme demonstra a Figura 15.

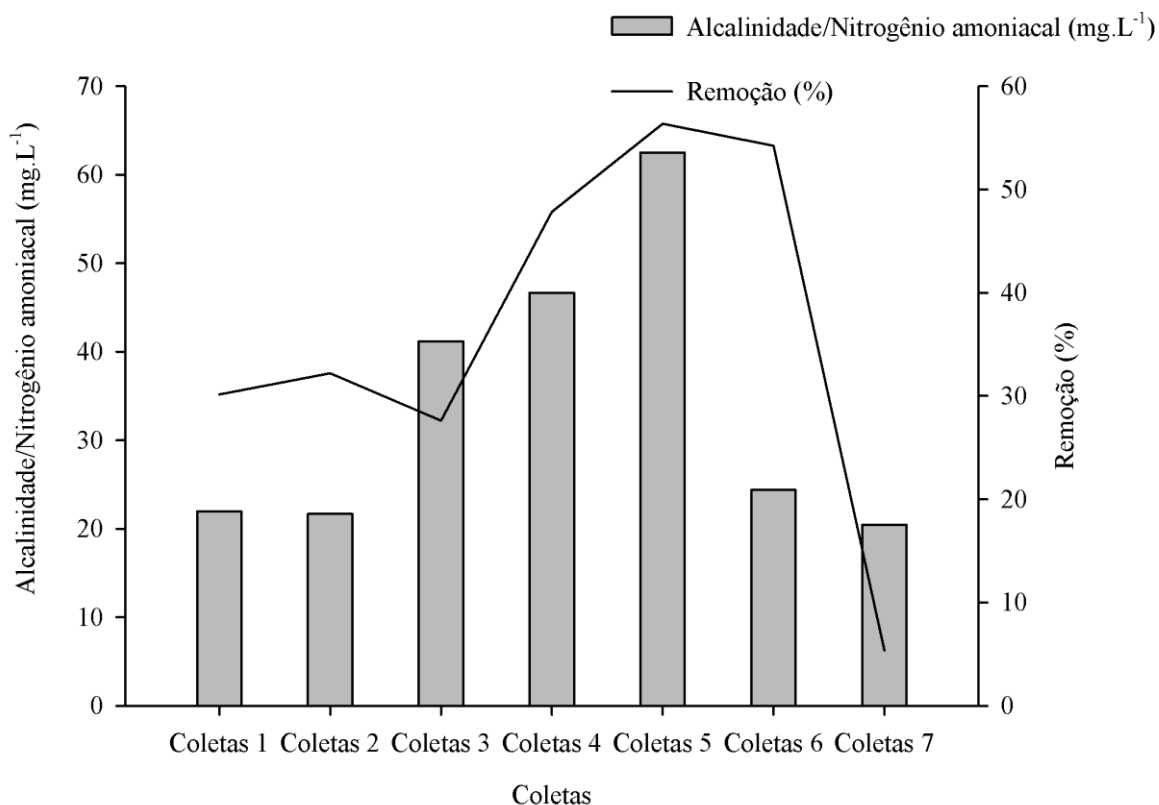
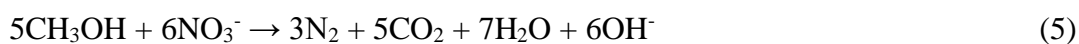


Figura 15 - Relação entre a alcalinidade e o nitrogênio amoniacal no efluente tratado.

O processo de nitrificação em seu primeiro estágio produz ácidos, o que pode provocar uma diminuição do pH e se a alcalinidade não for suficiente para proporcionar o tamponamento do sistema, o sistema pode não operar de forma eficiente (MAGRI et al., 2013).

Outro processo que foi encontrado no reator, foi a desnitrificação do efluente. Isso aconteceu devido ao oxigênio utilizado na nitrificação ser natural do meio (em torno 4,0 mg.L⁻¹) e conforme a passagem pelo reator possivelmente houve uma zona aeróbia e outra anóxica, assim na zona anóxica se desenvolveu a desnitrificação. Como observado na Figura 14 em muitas coletas ocorreu o aumento do pH, assim é possível inferir que houve desnitrificação.

A equação 5 demonstra a reação do processo de desnitrificação, nesta equação o metanol é utilizado como doador de elétrons para redução de nitrato. para que ocorra o processo de desnitrificação é necessária uma fonte de carbono orgânico que atuará como doador de elétrons, no presente estudo pressupõe que no meio havia tal fonte naturalmente, provinda principalmente da decomposição da ração utilizada no sistema de cultivo.



Estudo realizado por Hussar e Bastos (2008) ao analisarem o desempenho de macrófitas aquáticas no tratamento de efluente de pisciculturas, constaram uma variação no pH

(6,2 a 7,9) nos tanques de tratamento e concluíram que o pH se comportou de forma favorável para os processos de nitrificação e desnitrificação, assim obtiveram uma remoção média de 82,9% de nitrogênio amoniacal.

Ao avaliarem um sistema floco-decantador de manta de lodo (FDML) associado a filtro de areia de fluxo descendente no tratamento de efluentes de piscicultura Souza et.al., (2015) obtiveram remoções similares ao encontrados nesta pesquisa para o parâmetro nitrogênio amoniacal, a remoção média foi de 67,2%.

3.2.2 Experimento 2 – Efluente Sintético

Tendo em vista os problemas operacionais encontrados no funcionamento do reator instalado na piscicultura, optou-se em realizar uma simulação do efluente real no laboratório, utilizando efluente sintético, tal efluente possuía uma concentração inicial de $6,6 \text{ mg.L}^{-1}$ de nitrogênio amoniacal. O sistema operou com um TRH de 1 dia para sua devida aclimação por 5 meses, a aeração no meio era contínua e foram utilizados controladores de vazão de entrada do efluente no sistema, as vazões de entrada no sistema estão descritas na Tabela 9.

Tabela 9 - Vazões de entrada do efluente sintético no sistema.

Dias	TRH (horas)	Taxa aplicada (L.d⁻¹)
1	40,0	1,5
2	20,0	3,0
3	13,3	4,5
4	10,0	6,0
5	8,0	7,5
6	5,2	11,5
7	4,6	13,0
8	4,1	14,5
9	3,8	16,0
10	3,4	17,5
11	3,0	20,0
12	2,4	25,0
13	2,0	30,0

Os valores de remoção encontrados para o parâmetro nitrogênio amoniacal variaram de acordo com a vazão de entrada de efluente no sistema. Os valores de remoções alcançados foram de 81 a 42% para o TRH de 40 a 2 horas, presente na Tabela 9. A eficiência do processo foi inversamente proporcional a vazão, a Figura 16 demonstra o decaimento de remoção com o aumento da vazão de entrada no meio. Contudo quando é verificado o valor total do nitrogênio amoniacal removido, se observa o que com TRH de 3,4 h, foi possível alcançar remoção de 67,5% de nitrogênio amoniacal e com um valor total removido de 45,56 g.m³ assim para cada m³ de reator será possível nitrificar 45,56 gramas.

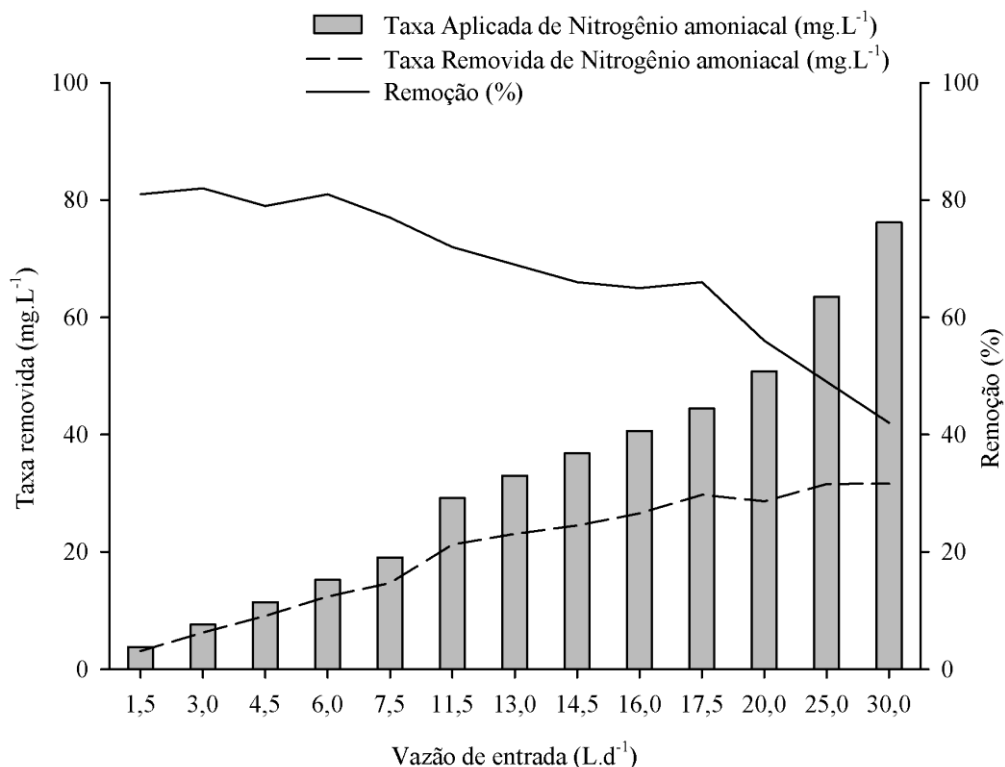


Figura 16 - Remoção do nitrogênio amoniacal no sistema.

Em geral, um bom desempenho na remoção de nitrogênio amoniacal foi alcançado, e a maior eficiência foi de 81%. A concentração de OD foi mantida em torno de 4 mg.L⁻¹ na maioria dos dias analisados, no entanto, houve dias em que a concentração decresceu para valores menores que 2 mg.L⁻¹ mas isso não interferiu no processo.

Fatores como pH e temperatura influenciam no processo de remoção, segundo Henze et al. (1997), a temperatura requerida para o processo de remoção se assemelha a temperatura requerida para o processo aeróbio heterotrófico. Os valores de pH requeridos também se assemelham a outros processos biológicos, sendo que valores entre 8 e 9 podem ocorrer maior taxa de desnitrificação. A Tabela 10 demonstra os valores encontrados dos parâmetros pH e temperatura durante a operação do sistema.

Tabela 10 - Valores de pH e temperatura no sistema.

Taxa de alimentação (L.d ⁻¹)	pH	Temperatura (°C)
1,5	7,40	24,6
3,0	6,74	24,8
4,5	7,00	24,7
6,0	7,97	25,8
7,5	7,90	26,1
11,5	7,80	25,2
13,0	7,20	25,0
14,5	7,64	28,3
16,0	7,85	25,3
17,5	7,56	26,8
20,0	7,43	26,3
25,0	7,30	26,5
30,0	7,49	26,6

O pH se manteve próximo a neutralidade, com média de 7,32, e dentro dos valores indicados para que ocorra os processos de nitrificação e o mesmo aconteceu para o parâmetro temperatura.

Desta forma observou-se que o reator montado no laboratório obteve melhores taxas de remoção quando comparados ao reator montado na piscicultura assim acredita-se que alguns fatores podem ter influenciado para tal, dentre estes destaca-se disponibilidade de oxigênio dissolvido no meio.

3.3 PANORAMA DA PISCICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUPÁ

A bacia hidrográfica do Rio Urupá faz parte do território central do Estado de Rondônia, ocupa uma área de 4.184,87 Km², e abrange 9 municípios, sendo eles: Jaru, Teixeirópolis, Nova União, Alvorada d'Oeste, Presidente Médici, Mirante da Serra, Urupá, Ouro Preto d'Oeste e Ji-Paraná, todos inseridos na microrregião de Ji-Paraná.

A região central do estado onde se encontra inserida a bacia em estudo tem os mais diversos usos no que se refere à utilização do espaço do solo, haja vista que os municípios que a compõem são os responsáveis por uma elevada porção da pecuária no estado (MOURA, 2018).

Para evidenciar o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Urupá no ano de 2018, foram definidas 10 classes de usos, sendo elas: água, floresta, vegetação (cerrado), solo

exposto, pastagem, urbanização, nuvens, sombras de nuvens, queimadas e afloramentos rochosos, conforme a Figura 17.

Através da classificação do uso e ocupação do solo, foi possível obter um índice Kappa de 99%. O índice Kappa é um coeficiente que está relacionado com a acurácia das imagens analisadas, este índice é obtido através da matriz de confusão gerada pelo próprio SIG Spring, de modo geral o índice Kappa, é responsável por demonstrar se houve confusão entre as classes analisadas.

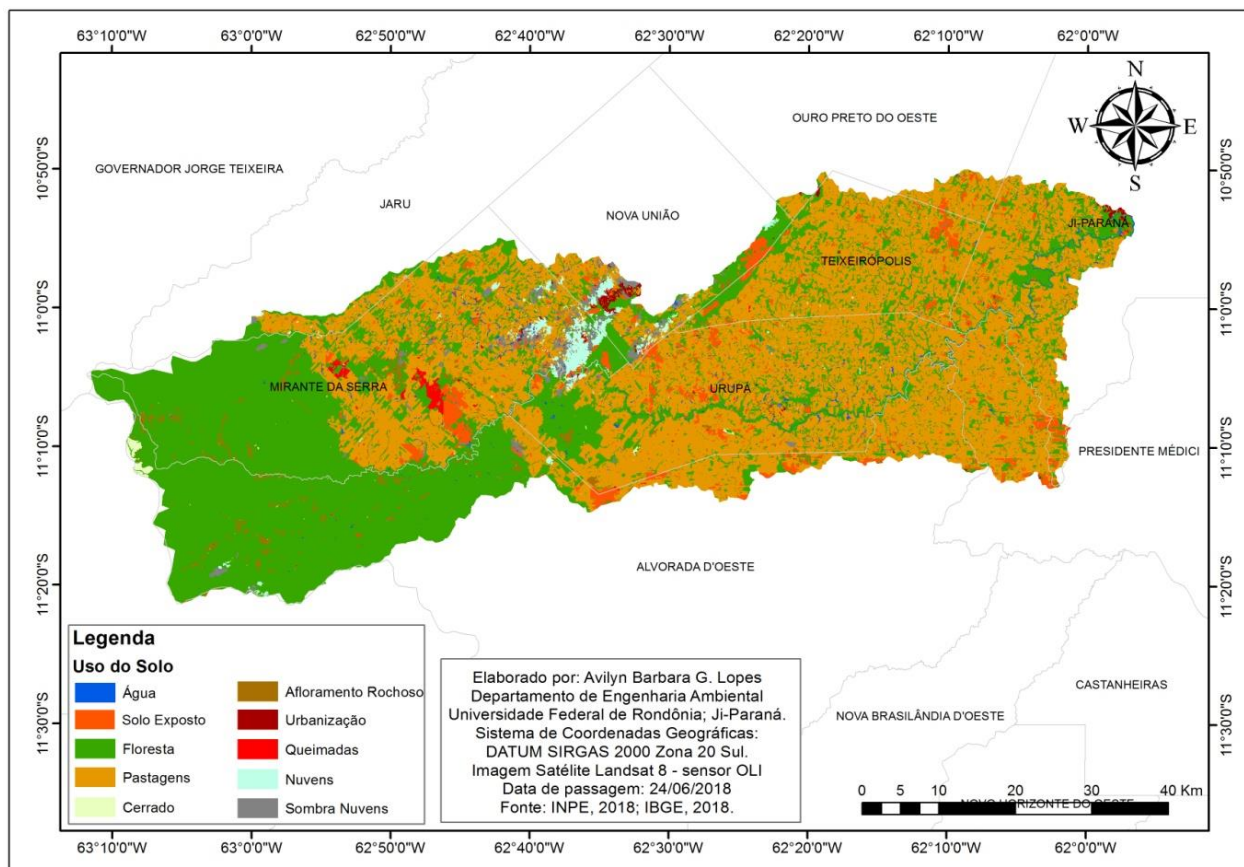


Figura 17 - Uso e ocupação do solo na bacia do rio Urupá no ano de 2018.

A partir dos resultados obtidos constatou-se que a área em estudo possui 42,2% da sua área coberta por floresta, 47,7% composta por pastagem e 4,2% composta por solo exposto, sendo estas as classes predominantes dentro da bacia, conforme demonstra a Tabela 11.

Tabela 11 - Uso e ocupação do solo na bacia do Rio Urupá no ano de 2018.

Classe Temática	Área (Km²)	Percentual (%)
Água	33,59	0,8
Floresta	1767,17	42,2
Vegetação (cerrado)	7,74	0,2
Solo exposto	175,8	4,2
Pastagem	1995,28	47,7
Urbanização	14,02	0,3
Nuvens	48,65	1,2
Sombra Nuvens	66,85	1,6
Queimadas	16,2	0,4
Afloramento Rochoso	59,44	1,7
Total	4184,87	100

A classe floresta se apresenta com 42,4% na área da bacia, nota-se que a bacia ainda possui uma considerável quantidade de floresta e isto se deve principalmente ao fato de parte da bacia estar inserida no Parque Nacional Pacaás Novos, sendo este uma das maiores Unidades de Conservação do Estado, que se encontra sobreposto à Terra Indígena Uru-Eu-Wau-Wau, o parque foi criado em 1979, e protege uma área de 7.648 km², também protege nascentes de rios importantes como o Jamari, Jacy Paraná, Jaurú, Urupá, Pacaás Novos e seu afluente, o rio Ouro Preto (ICMBio, 2018).

Já a classe solo exposto (4,2%) pode ser explicada devido à extração de areia/minério, entre outros fatores como a queimada ilegal/acidental de pastagens onde o fogo é utilizado como uma prática de manejo de pastagens, visando à renovação ou recuperação da pastagem, a eliminação de plantas invasoras e adição de nutrientes ao solo, oriundos do material vegetal queimado (COSTA, 2008) fator este encontrado na análise, onde a classe queimada perfaz um valor de 0,4%. Em virtude da data das imagens classificadas, foi exposto a classe nuvens (1,2%) impedindo então que tal percentual pudesse ser classificado o uso do solo.

O alto percentual da classe pastagem (47,7%) se explica principalmente devido ao fato da bacia se localizar na região central do estado de Rondônia que é considerado polo agropecuário do estado (LIMA, 2014), sendo este fato reflexo do intenso desenvolvimento da atividade na bacia.

Outro fator pode estar atrelado a isto é que os sistemas de piscicultura deram um ‘*bloom*’ de crescimento no estado de Rondônia a partir do ano de 2005. Segundo dados da SEDAM (2018) o estado de Rondônia possui atualmente cerca de 4.295 empreendimentos

licenciados e cadastrados e destes, 1.513 empreendimentos estão inseridos nos municípios que compõe a bacia. Os municípios que se destacam com maiores números de empreendimentos são Urupá (389) e Mirante da Serra (316) conforme demonstra a Figura 18.

É válido ressaltar que o quantitativo de pisciculturas licenciados poderá estar subestimado, haja vista que tais valores referem-se aos licenciamentos emitidos através da autoridade estadual, contudo alguns municípios da bacia possuem secretarias municipais de meio ambiente, onde estas são responsáveis pelos licenciamentos das mesmas como é o caso do município de Ji-Paraná.

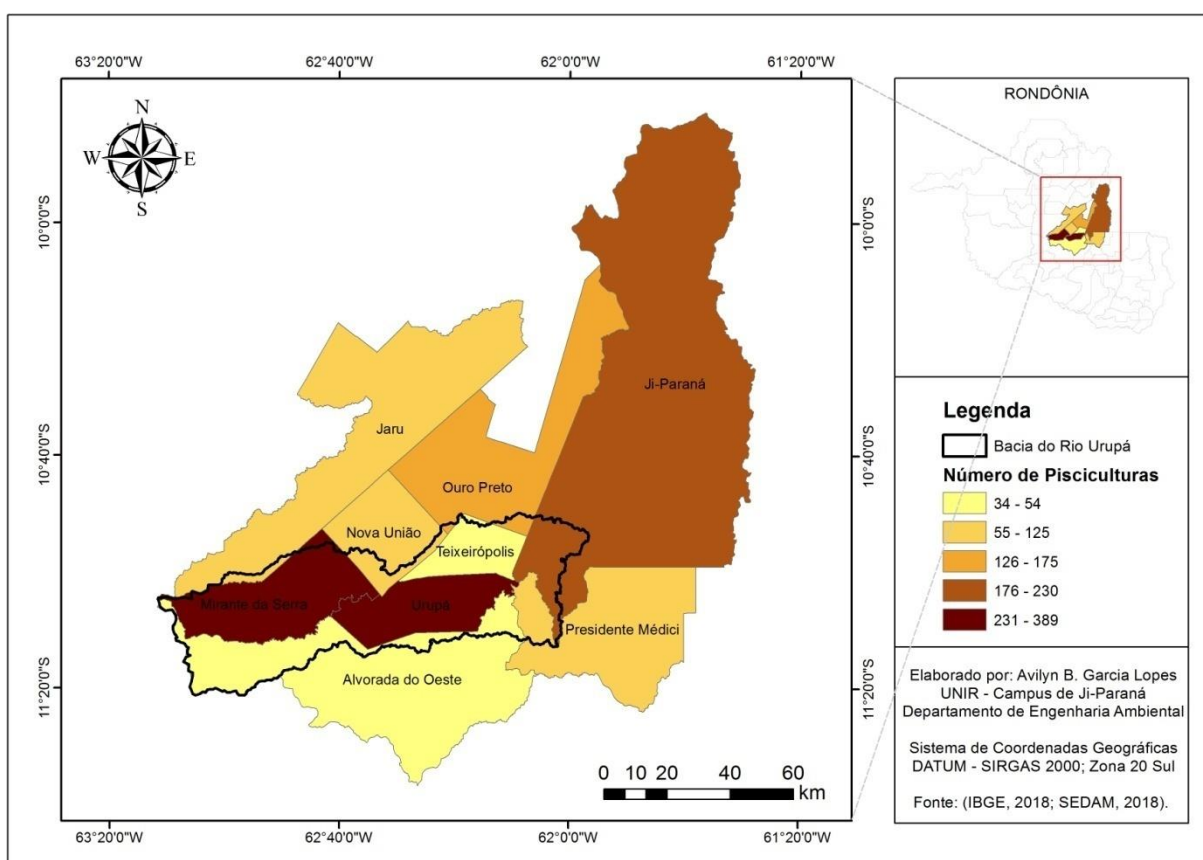


Figura 18 - Quantidade de pisciculturas licenciadas na bacia hidrográfica do Rio Urupá.

Ainda de acordo com os dados da SEDAM (2018) os municípios que compõe a bacia perfazem um número total 24.394 toneladas/hectares de produção estimada para o ano de 2018 (FIGURA 19).

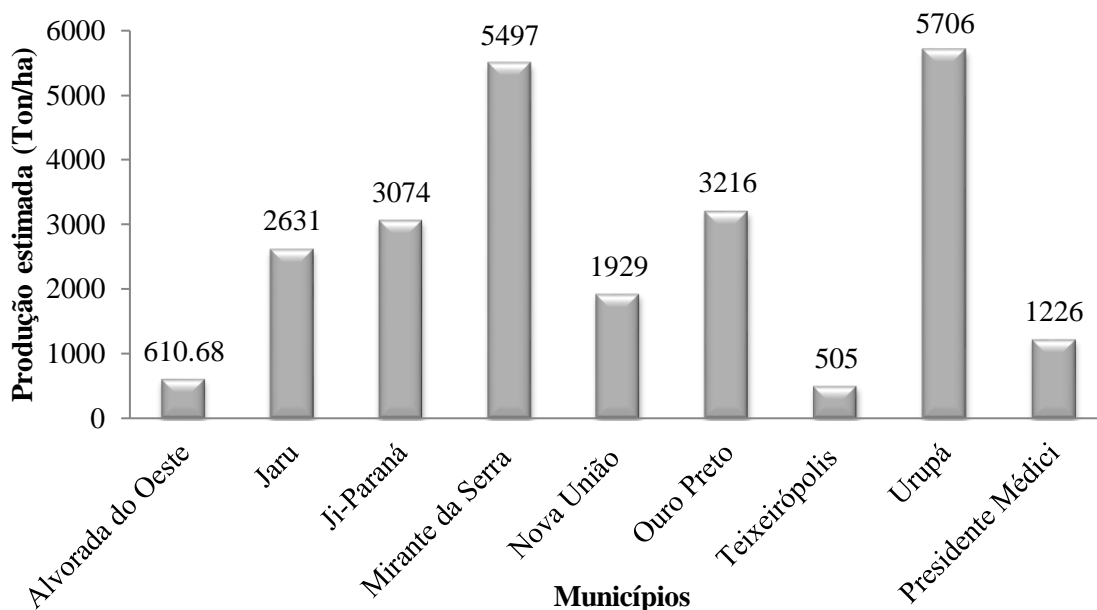


Figura 19 - Valores estimados de produção da piscicultura dos municípios que compõe a bacia no ano de 2018.

Diante dos dados apresentados é evidente que os municípios de Urupá e Mirante da Serra também se destacam em relação à produtividade, Xavier (2013) constatou que no estado de Rondônia possui três grandes polos produtores sendo, a região de Ariquemes, a região de Mirante da Serra e Urupá e o terceiro polo na região de Pimenta Bueno.

No entanto o autor apurou uma prática diferenciada entre estes sistemas em relação ao número de produtores, pois o segundo polo possui 24,64% do total de produtores contra somente 8,37% do primeiro polo, assim concluiu que na região de Urupá e Mirante da Serra é praticada uma piscicultura do tipo familiar, enquanto na região de Ariquemes é realizada uma atividade denominada industrial.

De acordo com Ostrensky et al (2008), a aquicultura familiar é uma forma de produção onde se utiliza mais a mão-de-obra familiar com capacidade de gerar renda familiar.

Tais fatos relatados entre os pólos podem ser demonstrados através da relação entre o quantitativo de empreendimentos licenciados e a produção estimada, onde Urupá compreende um total de 389 empreendimentos para uma produção estimada de 5.706,72 toneladas, enquanto o município de Ariquemes possui um menor número de empreendimentos (175) e uma maior produção estimada de 12.843,46 toneladas. Assim se pode aferir que em Urupá há uma produção familiar, oposto a Ariquemes, onde estão os maiores produtores de peixes do estado, evidenciando uma produção com cunho industrial (SEDAM, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos no presente estudo foi possível concluir que:

- A qualidade da água do sistema de cultivo tanto nos tanques de cultivos, quanto nos pontos de lançamento foi possível constatar que a maioria dos parâmetros analisados estão em consonância com a legislação vigente. Porém os parâmetros oxigênio dissolvido e fósforo total em alguns pontos não se adequaram ao estabelecido na legislação.
- O sistema MBBR atingiu considerável eficiência na remoção de nitrogênio amoniacal do efluente real. A eficiência máxima de remoção obtida foi de 54,2%, mesmo com os problemas operacionais que surgiram no decorrer do estudo.
- O segundo sistema MBBR foi bastante eficiente na remoção de nitrogênio amoniacal do efluente sintético proposto. A máxima eficiência alcançada foi de 82%.
- A bacia hidrográfica do Rio Urupá vem sofrendo pressão em relação aos usos e ocupações no seu interior, e atualmente possui um elevado número de pisciculturas licenciadas que se acredita estar contribuindo ainda mais com tal panorama. Assim faz-se necessário estudos diretos de forma a quantificar a qualidade da água do Rio Urupá e também sua capacidade de autodepuração, tendo em vista sua importância para o abastecimento público da cidade de Ji-Paraná.

REFERÊNCIAS

ALBANEZ, J. R.; MATOS, A.T. Aquicultura. In: MACÊDO, J.A.B. **Águas & Águas**. 3. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007. **Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 214 - 224, 2011.

ArcGIS 10.4. **Versão freeTrial do software**. Disponível em: <www.esri.com/software/arcgis/arcgisfor-desktop/free-trial>, Acesso: 18 de outubro de 2018.

AYROZA, D. M. M. R. **Características limnológicas em áreas sob influência de piscicultura em tanques-rede no reservatório da UHE Chavantes, rio Paranapanema, SE/S, Brasil**. Jaboticabal: UNESP, 2012. Tese (Doutorado), Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, 2012.

BALLESTER, M. V. R. et al. Un sensor / plantilla física basada en sistemas de información geográfica para entender la biogeoquímica de la cuenca del río Ji-Paraná (Amazonia occidental). **Remote Sensing of Environment**, v. 87, 2003.

BARBOSA, L. P.J. L; BARBOSA, F. H.F; FAUSTINO, S. M. M. Algas em tanques de piscicultura: uma análise crítica. **Arquivo Brasileiro de Microbiologia básica e aplicada**, v. 1, n 1, p. 51-74, 2013.

BASTOS, R. K. X. **Utilização de Esgotos Tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Piscicultura**. Rio de Janeiro/RJ: PROSAB, 267 p., 2003.

BENTO, L. et al. **O papel das macrófitas aquáticas emersas no ciclo do fósforo em lagos rasos**. Oecol. Bras., pag: 582-589, 2007.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005**. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Publicada no DOU nº 053, de 18 de março de 2005, p. 58-63.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 413, de 26 de julho de 2009**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências. Publicada no DOU nº 122, de 30 de junho de 2009, págs. 126-129

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011**. Condições e padrões de lançamento de efluentes complementam e alteram a Resolução nos 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicada no DOU nº 092, de 16 de maio de 2011, p. 89.

CARMINATI, H. B. **Modelagem e otimização de sistemas MBBR para tratamento de efluentes**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

CARRERA, J., VICENT, T., LAFUENTE, J., 2004, “Effectofinfluent COD/N ratioonbiologicalnitrogenremoval (BNR) from high-strengthammonium industrial wastewater”, *ProcessBiochemistry*, v.39, pp. 2035–2041.

CASTELLANI, D; BARRELLA, W. **Impactos da atividade de piscicultura na bacia do rio Ribeira de Iguape, SP – Brasil**. B. Inst. Pesca, São Paulo, 32(2): 161 - 171, 2006.

CETESB. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2009.

COLLIVER, B.B., STEPHENSON, T., 2000, “Productionofnitrogen oxide anddinitrogen oxide byautotrophicnitrifiers”, *BiotechnologyAdvances*, v.18, pp. 219-232.

COSTA, N. L. **Uso do fogo no manejo de pastagens**. Disponível em: <www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/uso-do-fogo-no-manejo-de-pastagens_385477.html> Roraima, 2008.

DIETERICH. F. et al. **Fontes de fósforo em rações orgânicas para alevinos e juvenis de tilápia-do-nilo**. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.47, n.3, p.417-424, 2012.

DINÇER, A.R., KARG, F., 2000,“Kinetics ofsequentialnitrificationanddenitrification processes”, *Enzymeand Microbial Technology*, v. 27, pp. 37–42.

EL-SAYED, A. B.; EL FOULY, M. M.; ABDEL-MAGUID, A. A. Green algae for improvingnutritionalandenvironmental status offishpondsproduction.**Journalof American Science**, v. 6, n. 8, p. 47-55, 2010.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA.**A aquicultura e a atividade pesqueira**, 2011. DISPONÍVEL EM: <<http://www.cnpma.embrapa.br/>>. Acesso em: 11 de out 2018.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA. **Brasil em Relevô**. Imagens SRTM. 2014. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/index.htm>>. Acessoem: 21 de outubro de 2018.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.**FisheryStatisticalDatabases**. 2016. Acesso em: 15 abr. 2018.

FEITOSA, A. N. **Análise do posicionamento estratégico da cadeia produtiva da piscicultura em Rondônia: uma abordagem estratégica para o desenvolvimento**. Porto Velho:UNIR,2016. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia - Curso de Ciências Econômicas), Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2016.

GENTRY, R. R. et al. Mappingthe global potential for marine aquaculture.*NatureEcology&Evolution*, p. 1–8, 2017.

HENRY-SILVA, G.G; CAMARGO, A. F. M. Eficiência de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes de viveiro de tilápia do Nilo. **Revista Scientia Agricola Piracicaba**, v.63, n.5, p. 433-438, 2006.

HENZE, M.; HARREMOES, P.; JANSEN, J. C.; ARVIN, E. **Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes**. 2ª ed. Berlim: Springer-Verlag, 1997.

HUSSAR, G. J.; PARADELA, A. L.; SAKAMOTO, Y.; JONAS, T.C.; ABRAMO, A. L. **Aplicação da água de escoamento de tanque de piscicultura na irrigação da alface: aspectos nutricionais**. Revista Ecosystema, v.27, n.1,2, p.49-52, jan.-dez.2002.

HUSSAR, J. G; BASTOS, C. M. Tratamento de efluente de pisciculturas com macrófitas aquáticas flutuantes. **Engenharia Ambiental**. v.5, n.3, pag. 274-285. Espírito Santo do Pinhal, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). SGI 2.5-Introdução ao Sistema de Informações Geográficas - SGI. Imagens Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **SPRING: Tutorial de Geoprocessamento**. 2006. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso: 18 de agosto de 2018.

ISHII, S. Y. **Efeito do cultivo de peixes sobre a qualidade da água: estudo de caso em Ji-Paraná/RO**. 2016. 63 f. Monografia - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-parana, 2016.

JIAN. C.Y., CHENG. S.Y., CHEN. J.C. Temperature and salinity tolerances of yellowfinseabream, *Acanthopagrus lotus*, at different salinity and temperature levels. **Aquaculture Research**. vol.34. Pag.175-185,2003.

KUBITZA. F. (2006) Sistema de recirculação: sistema fechados com tratamento e reuso de água. **Panorama Aqüicult**. 95: 15-22.

KUBITZA, F. A evolução da tilapicultura no Brasil: produção e mercado. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 76, mar./abr. 2015.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. Ed. 3, Jundiaí: Degaspari. 97 p., 1999.

LACHI, G. B.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Qualidade da água e composição fitoplanctônica de um viveiro de piscicultura utilizado para fins de pesca esportiva e irrigação. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 29 - 38, 2008.

LIMA, E. L. R. **Qualidade da água e dos efluentes em viveiros de reprodução de *Astyanax lacustris* (Reinhardt, 1874) na Estação de Piscicultura de Paulo Afonso – BA**. Recife: UFRPE, 2010. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura), Departamento de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.

LIMA, P e S. **Avaliação do efeito da carga orgânica na operação de um sistema MBBR de dois estágios visando à remoção de matéria orgânica e nitrogênio**. Rio de Janeiro:

UFRJ, 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Curso de Engenharia Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

LIMA, P. F. **Identificação, caracterização e evolução dos usos da terra nas app's da bacia hidrográfica do rio Urupá, Rondônia.** Ji-Paraná: UNIR, 2014. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2014.

LOPES, A. B. G. et al. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUPÁ, RO. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia.** Edição Especial – Anais do I ERGA, v. 7, n. 1, p. 1-80, 2018.

LOPES, A. C. et al. Quantificação e contenção de compostos potencialmente poluentes provenientes da aquicultura moderna e suas origens. **Tópicos especiais em Ciência Animal**, v. VI, p. 125-145. ALEGRE-ES, 2017.

LOPES, J. C. O. **Técnico em agropecuária: piscicultura.** Floriano: EDUFPI, 80p, 2012.
MACHADO, A. T. **Sustentabilidade ambiental de um sistema de produção de peixes no município de Rolim de Moura - Rondônia.** Cacoal:UNIR, 2015. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia - Curso de Engenharia de Produção), Universidade Federal de Rondônia, Cacoal, 2015.

MAGRI, E. M. et al. Otimização do processo de nitrificação com o uso de conchas de ostras como material suporte em reatores aeróbios com biomassa fixa. **EngSanit Ambiental.** v.18. pag. 123-13. Abr/jun, 2013.

MATSUZAKI, M.; MUCCI, J. L. N.; ROCHA, A. A. Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, v. 38, n. 5, p. 679-686, 2004.
Ministério do Meio Ambiente. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em:
<<http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=163>>. Acesso em 29 de out de 2018.

MINUCCI, L. V.; PINESE, J. F.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Análise limnológica de sistema semiintensivo de criação de *Leporinus macrocephalus* (Pisces, Anostomidae). **Biosci. J.**, v. 21, n. 1, p. 123-131, 2005.

NUNES, Marcos Leandro Alves. **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE DIFERENTES PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS NA COAGULAÇÃO DA ÁGUA.** 2011. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-parana, 2011.

OLIVEIRA, D.B.S.de; SIPAÚBA-TAVARES, LH; DURIGAN, JG. Estudo limnológico em tanques de piscicultura. Parte II: Variação semanal de fatores físicos, químicos e biológicos. **Acta Limnol. Brasil.** Vol. I. p.123- 137, 1992.

OSTI, J. A. S. **Caracterização da qualidade da água e avaliação do manejo e suas implicações sobre o cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*).** São Paulo: APTA, 2009. Dissertação (mestrado em Aquicultura e Pesca), Instituto de Pesca, 2009.

OSTRENSKY, A.; WALTER, B. **Fundamentos e técnicas de manejo**. Livraria e Editora Agropecuária. p. 74 a 105. Guaíba, Rio Grande do Sul, 1998.

OSTRENSKY, Antonio; BORGHETTI, José Roberto; SOTO, Doris. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília. 2008. 276 p.

PÁDUA, H.B. Impacto ambiental: um impacto na aquicultura. **Revista Brasileira de Agropecuária**, V. 1, n.12, p. 1-66, 2001.

PAIVA, M. C. **Análise da qualidade da água de um sistema de piscicultura: estudo de caso no município de Ji-Paraná-RO-Brasil**. Ji-Paraná: UNIR, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Rondônia, 2014.

REBOUÇAS, P. M.; LIMA, L. R.; DIAS, I. F.; BARBOSA FILHO, J. A. D. Influência da oscilação térmica na água da piscicultura. **J AnimBehavBiometeorol**, v.2, nº 2, p.35-42, 2014.

ROCHA, D. O. **Geotecnologias aplicadas à estruturação de um sistema de informação geográfica da piscicultura no estado de Rondônia**. Presidente Médici: UNIR, 2015. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia - Curso de Engenharia de Pesca), Universidade Federal de Rondônia, Presidente Médici, 2015.

RONDÔNIA. **Lei n. 3.437, de 09 de setembro de 2014**. Dispõe sobre a aquicultura no estado de Rondônia e dá outras providências. Governo do Estado de Rondônia. Porto Velho, 09 set. 2014.

ROTTA, M. A.; QUEIROZ, J. F. **Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-redes**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 27p. 2003.

SAMPAIO, F. G; LOSEKANN, M. E; LUIZ, A. J.B; NEVES, M. C; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D; RODRIGUES, G. S. Monitoramento e gestão ambiental da piscicultura em tanques-rede em reservatórios. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 272, p. 1-1, 2013.

SANT'ANNA, G. L. **Tratamento Biológico de Efluentes: Fundamentos e Aplicações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2013. 395 p.

SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE RONDÔNIA - SEDAM. **Pisciculturas licenciadas na microrregião de Ji-Paraná**, 2017.

SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE RONDÔNIA - SEDAM. **Pisciculturas licenciadas no Estado de Rondônia**, 2018.

SILAPAJARN, O.; BOYD, C. E. Effects of channel catfish farming on water quality and flow in the Alabama Stream. *Review in Fisheries Science*, v.8, p. 45-88, 2005.

SILVA, N. A. **Caracterização de impactos gerados pela piscicultura na qualidade da água: estudo de caso na bacia do rio Cuiabá/MT**. Cuiabá: UFMT, 2007. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente). Curso de Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso, 2007.

SILVA, V. K.; FERREIRA, M. W.; LOGATO, P. R. V. **Qualidade da água na piscicultura**. 2011. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Extensão). Disponível em <<http://www.editora.ufla.br/index.php/component/phocadownload/category/56-boletins-de-extensao?download=1164:boletinxextensao>>

SIMÕES, F. S. et al. Avaliação do efeito da piscicultura em sistemas aquáticos em assis e cândido mota, são paulo, por indicador de qualidade da água e análise estatística multivariada. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 8, 1835-1841, 2007.

SIPAÚBA-TAVARES LH (2006) Adoção de boas práticas de manejo (BPM) em piscicultura para manutenção da saúde ambiental. Em Eler MN, Espíndola ELG (Orgs.) Avaliação dos Impactos de Pesque-Pague: uma Análise da Atividade na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu. RiMa. São Carlos, Brasil. 217-225 pp.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BRAGA, F. M. S. Constructed wetland in wastewater treatment. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, v. 30, n. 3, p. 261-265, 2008.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; DONADON, A. R. V.; MILLAN, R. N. Water quality and plankton populations in an earthen polyculture pond. *Brazilian Journal of Biology*, v. 71, n. 4, p. 845-855, 2011.

SOUZA FILHO, T. A.; OLIVEIRA, M. B.; FERREIRA, D. **A Piscicultura em Rondônia: Um agronegócio em Formação**. In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2007, Londrina. XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2007.

SOUZA, T.G.L.; MATSUMOTO, T.; ORTIZ, I.A.S. Utilização de um floco-decantador de manta de lodo para o tratamento de efluentes de piscicultura em tanque. **Rev. Interciência**. Pag- 626-633. VOL. 40 Nº 9. Setembro, 2015.

SPILIOTOPOULOU, A. et al. Use of fluorescence spectroscopy to control ozone dosage in recirculating aquaculture systems. *Water Research*, v. 111, p. 357–365, 2017.

TEIXEIRA, R. M. **Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento**. Florianópolis: UFSC, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

TIAGO, G. G. **Construindo a Ciência Ambiental**. São Paulo: Fapesp, 438 p., 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

WANG, L. K. W.; PEREIRA, N. C.; HUNG, Y. T. **Biological Treatment Processes**. Human Press, v. 8, p. 818, 2009.

WEBLER, A. D. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DA VARIAÇÃO TEMPORAL DE COMPONENTES MICROMETEOROLÓGICOS EM UMA ÁREA DE PASTAGEM NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA. 2011. 71 f. Monografia - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2011.

XAVIER, R. E. CARACTERIZAÇÃO E PROSPECÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DA PISCICULTURA NO ESTADO DE RONDÔNIA. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2013.