



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL  
ENGENHARIA DE AQUICULTURA**



**HENDY ANTONIA OLIVEIRA DA SILVA**

**COMPORTAMENTO DO pH E AMÔNIA EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO  
COM DIFERENTES TIPOS DE BIOFILTROS**

**LARANJEIRAS DO SUL - PR**

**2023**

**HENDY ANTONIA OLIVEIRA DA SILVA**

**COMPORTAMENTO DO pH E AMÔNIA EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO  
COM DIFERENTES TIPOS DE BIOFILTROS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Aquicultura, da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Erick Garcia Parra

**LARANJEIRAS DO SUL - PR**

**2023**

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Silva, Hendy Antonia Oliveira da  
COMPORTAMENTO DO pH E AMÔNIA EM SISTEMA DE  
RECIRCULAÇÃO COM DIFERENTES TIPOS DE BIOFILTROS / Hendy  
Antonia Oliveira da Silva. -- 2023.  
30 f.

Orientador: Jorge Erick Garcia Parra

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Engenharia de Aquicultura, Laranjeiras do  
Sul, PR, 2023.

1. Trabalho de Conclusão de Curso. 2. Bacharel em  
Engenharia de Aquicultura. 3. Orientador: Prof. Dr.  
Jorge Erick Garcia Parra. 4. Universidade Federal da  
Fronteira Sul. I. Parra, Jorge Erick Garcia, orient. II.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**HENDY ANTONIA OLIVEIRA DA SILVA**

**COMPORTAMENTO DO pH E AMÔNIA EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO  
COM DIFERENTES TIPOS DE BIOFILTROS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Erick Garcia Parra

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

27 / 06 / 2023

BANCA EXAMINADORA

Jorge Garcia P

Prof. Prof. Dr. Jorge Erick Garcia Parra  
Orientador

Felipe Dreher Cordova

Eng. Aquicultura. Felipe Dreher Cordova  
Avaliador

Milena Cia R.

Eng. Aquicultura. Milena Cia Retcheski  
Avaliador

## **DEDICATÓRIA**

“Em especial dedico esta vitória aquele que um dia demonstrou se o mais vitoriosos de todo os tempos que não mediu esforços para demonstra o seu amor, um amor incondicional. Ele é a nossa fortaleza e amparo, nos momentos mais difíceis e angustiantes da nossa vida. Á JESUS CRISTO amado, dedico este trabalho com a certeza que sem ele não teria conseguido. Aos meus pais Lúcia e Domingos, meus irmãos em especial meu marido Diogo e filho Haniel Benjamin e amigos em especial Anair ”.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a DEUS por ter me dado forças a concluir este trabalho;

Aos meus amados pais, pelo carinho e apoio incondicional durante todo esse tempo muito obrigada; A todos os meus irmãos e amados sobrinhos, por toda compreensão e carinho;

Ao meu marido Diogo e meu filho por toda compreensão e apoio;

A Universidade Federal da Fronteira Sul- Campus Laranjeiras do Sul/ PR, proporcionou a concretização desse sonho possível. Todos os meus professores que passaram no decorrer do curso, vocês tem a minha admiração e respeito e todos contribuíram na minha construção profissional;

Principalmente ao meu orientador Prof.Dr. Jorge Erick Garcia Parra muito obrigada pela orientação, paciência e confiança depositada, estou muito agradecida por tudo;

A meus amigos que a universidade me presenteou ;

Muito Obrigada, á todos que fizeram parte direta e indiretamente deste trabalho.

## **Epígrafe**

“Os sonhos precisam de persistência e coragem para serem realizados”

Augusto Cury

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: localização do laboratório de qualidade de água, dentro das instalações da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Laranjeiras do Sul/ PR.....	14
Figura 2. Sistemas de recirculação montado.....	15
Figura 3: Sistema de Escoamento. ....	15
Figura 5. Biofiltros ensacados: argila expandida(a), tampa de garrafa pet/ conduítes(b), brita(c).....	17
Figura 7. Pesagem do cloreto de amônio (a), coleta das amostra (b). ....	19
Figura 8. leitura do pH e temperatura (a), preparação das análises para leitura da amônia (b). .....	19

## LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 - Comportamento do pH dos tratamentos no período da manhã, entrada e saída. ..21	
Gráfico 2 - Comportamento do pH dos tratamentos no período da manhã, entrada e saída. ..21	
Gráfico 3 - Comportamento do pH dos tratamentos no período da tarde, entrada e saída. ....22	
Gráfico 4 - Tratamento 1, concentração de amônia mg/L no período manhã, entrada, saída(a), período da tarde, entrada, saída(b) dos filtros biológicos do sistema. ....23	
Gráfico 5 - Tratamento 2, concentração de amônia mg/L no período manhã, entrada, saída(a), período da tarde, entrada, saída(b) dos filtros biológicos do sistema. ....24	
Gráfico 6- Tratamento 3. concentração de amônia mg/L no período manhã, entrada, saída(a), período da tarde, entrada, saída(b) dos filtros biológicos do sistema. ....25	

## SUMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	12
2.1 OBJETIVO GERAL .....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
3.1 SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO.....	12
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
4.1 LOCAL.....	14
4.2 DELINEAMENTO DO SISTEMA EXPERIMENTAL .....	14
4.3 DIVISÃO DOS AMBIENTES NO SISTEMA .....	16
4.4. PROCESSO DE INOCULAÇÃO DAS BACTÉRIAS.....	17
4.5 OBTENÇÃO DAS AMOSTRA DE ÁGUA.....	18
4.6 ANÁLISES DAS AMOSTRAS.....	19
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
5.1 COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA.....	20
5.2 COMPORTAMENTO DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO .....	20
5.3 COMPORTAMENTO DO pH .....	21
5.4 COMPORTAMENTO DA AMÔNIA .....	23
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	27

## 1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é dita como interdisciplinar, pelas diferenças relacionadas aos cultivos de organismos aquáticos (OLIVEIRA, 2009). Atualmente, o termo “aquicultura sustentável” determinar a forma de produção dos organismos aquáticos, sem prejudicar a natureza, com lucro e ações sociais (PASSARINHO, 2011).

Na atualidade, o desenvolvimento sustentável no cenário financeiro global, surge sempre que argumenta-se, quanto à importância de restringir os impactos ambientais, e reduzir os índices de necessidade (BOLZAN, 2014).

Logo, o sistema de recirculação surge como uma alternativa na restrição dos efeitos gerados pela aquicultura tradicional. Descrita pela sigla inglesa RAS “Recirculating Aquaculture Systems”, o sistema obtém grandes indicadores de produção assim, como diminuem os impactos à natureza (GODFRAY et al., 2010).

A preferência do sistema de resirculação, assim como dos apetrechos/mídias a serem usadas conseguem interferir diretamente nos custos de implantação assim, como na eficácia do mesmo (OWATARI et al, 2016). O sistema de recirculação consegue ser desenvolvido em diferentes intensidades conforme a água é recirculada ou reutilizada (FAO, 2015).

De acordo com Porto (2021) no sistema de recirculação é fundamental que haja a diminuição da amônia na água, em resultados da sua produção permanente proveniente do resíduo metabólico em parte dos peixes.

Segundo Kubitzka (2006) para se alcançar um resultado aceitável quanto às ações nitrificantes é necessário vários fatores para indicado, à estruturação do filtro biológico em si, assim a sua conservação e proporcionar condições ambientais favoráveis para a produção das bactérias nitrificadoras.

Todo filtro biológico constitui-se, teoricamente em conter uma base porosa propício a fixação dos microrganismos, como resultado realizando a produção de um biofilme (NASCENTES, 2004). Assim como, os filtros aerados possuem de modo geral de meios de suportes plásticos, atual no mercado com alterações de tipos e modelos, cada um tendo características físicas próprias (SANTOS, 2005).

Cavalcante (2019), destaca que com o aumento da tecnologia de filtragem biológica, abundantes análises procuram estudar materiais que reúnem aspectos adequados ao processo. No de sistema de recirculação, diminui gastos excessivos de água tendo o descarte de efluentes desnecessário para o meio ambiente. O uso do sistema de recirculação é muito

importante para o desenvolvimento da aquicultura sustentável, necessitando cada vez mais estudos e pesquisas científicas para avaliar seu uso e desempenho assim como verificar o uso de materiais de baixo custo que possam obter resultados satisfatórios para diminuir os custos de empreendimentos para os pequenos produtores.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Verificar o desempenho de diferentes biofiltros de baixo custo usados em sistemas de recirculação de água para aquicultura.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar o comportamento da variável amônia nos diferentes tipos biofiltros;
- Verificar o comportamento do pH nos diferentes tipos de biofiltros.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO**

O sistema de recirculação consiste em ter um local para escoamento da água do cultivo que passe pelo filtro mecânico, em seguida pelo filtro biológico que será responsável no desenvolvimento de bactérias nitrificantes que ocorrerá o processo de oxidação da amônia, voltando de novo para o sistema novamente (FAO, 2015).

Corso (2010) afirma que depois da água passa pelo biofiltro é fundamental ser aerada ou oxigenada com o propósito do aproveitamento do oxigênio e remove os gás carbônico gerado na respiração dos peixes, decomposição da matéria orgânica jogado no sistema e no processo de nitrificação.

Entretanto, os sistemas de recirculação fechados é frequentemente utilizados em laboratórios de pesquisas, cultivos e em manutenção de peixes ornamentais para exibição em aquários públicos e privados em todo mundo (KUBITZA, 2006).

Lapa e Arana (2016) especificam que o dimensionamento é a escolha correta dos equipamentos são suma importância para obtenção de um bom funcionamento de todo sistema de recirculação. Segundo Silva *et al* (2018) deve ser analisado a dimensão que o ambiente tolerar, para que não aconteça efeitos negativos no ecossistema podendo gerar perdas econômicas ao aquicultor”.

Ferreira destaca que na atualidade há dois tipos de tratamento da água descritas:

“Tipos básicos de sistemas de tratamento em RAS são: a) tratamento em tanques e reservatórios, nos quais ocorre a decantação e a ação de bactérias livres na água; b) tratamento com combinação de remoção de sólidos (filtração mecânica) e tanques de nitrificação, semelhante ao utilizado no tratamento de esgotos domésticos” (FERREIRA, 2020, p.14).

A utilização de materiais sintéticos teve seu desenvolvimento a partir dos anos 90, para o uso dos processos flutuantes ou estruturados (não granulares) (CHERNICHARO, ARAÚJO E GONÇALVES, 1996). Santos (2005) salienta que as dimensões específicas do meio suporte compete basicamente à questão estrutural do filtro biológico”.

Maigual (2018) ressalta que as bactérias nitrificantes são especificamente aeróbias, sendo que em concentrações menores que 2 mg/L de oxigênio dissolvido (OD), sua rapidez de crescimento diminuir substancialmente.

A oxidação da amônia acontece essencialmente por intermédio das bactérias do gênero *nitrossomonas* resultando o nitrito (NO<sub>2</sub>-), sendo que o nitrato (NO<sub>3</sub>-) é o processo de oxidação do nitrito, gerado pelas bactérias do gênero *nitrobacter* (BRAZ FILHO, 2000).

Caracteristicamente os materiais empregados são pedregulhos, cascalhos, pedras britadas, materiais plásticos e escória de autôfonos (JORDÃO & PESSOA, 1995). Segundo Neto (2022) a argila expandida contém poros que amplifica sua superfície de contato, conseguindo com esse aspecto acomodar mais microrganismos, o que potencializa o processo de nitrificação.

Segundo Moncada et al (2019) a argila expandida é um agregado obtido através do aquecimento de diferentes tipos de argila a uma temperatura estimada em 1200 °C, exposta a tal temperatura este agregado emite gases expandindo-a em até sete vezes seu volume inicial. A brita deve ser originário de diversos tipos de rochas como, basalto, diabásio, riolito, andesito e riodacito, de modo que são mais escolhidas por sua aplicabilidade e apresentam ótimas qualidades físicas e químicas (SOUZA et al, 2020).

A tampa plástica é constituída com duas peças que consistem de uma carcaça moldada por compressão com vedante superior moldado internamente e lacre anti-violação. Matéria prima: Carcaça Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com concentrado de cor,

quando requerido pelo cliente. Vedação superior: resina base EVA (Etileno Acetato de Vinila) ou policloreto de polivinila mais conhecido pelo acrônimo PVC (MENDES et al, 2017).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCAL

O experimento foi desenvolvido no laboratório de Limnologia e Qualidade Água do Curso de Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) - Campus Laranjeiras do Sul/ PR, localizado na BR-158, s/n - Zona Rural, Paraná (figura 1). No período de 12 a 20 de dezembro de 2022.

Figura 1: localização do laboratório de qualidade de água, dentro das instalações da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Laranjeiras do Sul/ PR.



Fonte: google maps 2022.

O experimento contou com três (3) tratamentos com diferentes tipos de substrato nos biofiltros, cada tratamento teve quatro (4) repetições, da seguinte maneira: tratamento 1 argila expandida (T1), tratamento 2 brita 1 (T2), tratamento 3 tampas de garrafa pet e conduítes (T3).

### 4.2 DELINEAMENTO DO SISTEMA EXPERIMENTAL

A montagem do sistema contou com 12 caixas plásticas com capacidade de 60L, volume aproveitável de 50 L cada. O sistema de abastecimento e escoamento foi individual. Em cada caixa foram acondicionado um biofiltro e delimitado uma área para analisar a água antes e depois do biofiltro. Figura 2. Sistema de recirculação montado

Figura 2. Sistemas de recirculação montado



Fonte: Autor,2022.

Toda água que esco das caixas chega a um cano central que leva a uma caixa d'água de 250 L (figura 3), nela possui uma bomba de água submersa 1000 com capacidade de 150L, com o objetivo de bombear a água de volta a caixa responsável pelo abastecimento do Sistema. Para a oxigenação das caixas utilizou-se 6 bombas de ar com duas saídas 5W/ 7 Litros.

Figura 3: Sistema de Escoamento.



Fonte: Autor,2022.

### 4.3 DIVISÃO DOS AMBIENTES NO SISTEMA

A divisão dos ambientes delimitados para a realização das coletas da entrada e saída, ocorreu através da utilização de uma folha de isopor cortado com as medidas do interior da caixa, depois que o isopor foi cortado foi posicionado dentro da caixa levando, também em conta as dimensões do espaço destinado à saída do sistema.

O isopor foi colocado com um espaço de aproximadamente 10cm do fundo das caixas em frente há abertura os biofiltros usados para o experimento, foram posicionados com o intuito de forçar a água da entrada a fluir pelo filtro e posteriormente sair pela tubulação do escoamento. Figura 4.

Figura 4. Posicionamento da divisão da entrada e saída no sistema.



Fonte: Autor, 2022.

Com a finalidade dos filtros, permanecerem posicionado na abertura do sistema e não dispersos na superfície, fez-se necessário o uso de sacos de rafia, pois dois desses materiais tem uma densidade mais leve e tendiam a ficar na superfície e não no espaço destinado para a passagem da água, assim como também houve a necessidade de colocar um bloco de concreto como peso em cima dos filtros. Figura 5.

Figura 5. Biofiltros ensacados: argila expandida(a), tampa de garrafa pet/conduítes(b), brita(c).



Fonte: Autor, 2022.

#### 4.4. PROCESSO DE INOCULAÇÃO DAS BACTÉRIAS

Após a montagem do sistema houve a inoculação das bactérias nitrificantes em duas etapas, cada etapa teve duração de uma semana para outra. Na primeira etapa colocou-se o composto de incentivador de bacterias aerobicas do tipo Nitrossona para administrar a solução da bactéria no sistema em cada caixa d'água com auxílio de uma pipeta de gotas de 3,0 ml/L, foram adicionadas para formação das colônias 1,5 ml da solução.

Na segunda etapa foram adquiridos 60 litros de água inoculada do sistema de recirculação em funcionamento do laboratório de piscicultura da universidade federal da fronteira sul. Os 60 L foram distribuídos em quantidades iguais de água inoculada em cada sistema com 5 litros de água em cada caixa. Figura 6.

Figura 6. Incubação das bactérias nitrificantes.



Fonte: Autor, 2022.

Logo, após a segunda etapa da inoculação ocorrer, fez-se necessário o uso do cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) para obter uma concentração de amônia satisfatória para iniciar o experimento. Foram pesados 1,45 g/l de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , sendo necessário a conversão de miligramas para gramas com o intuito de se obter um peso preciso, na sequência foi diluída e colocada na caixa d'água que abastecerá todo o sistema.

#### 4.5 OBTENÇÃO DAS AMOSTRA DE ÁGUA

O experimento ocorreu em 9 dias em diferentes tempos. Os três (3) tratamentos com diferentes tipos de substrato nos biofiltros, cada tratamento teve quatro (4) repetições, foi realizado primeiro o tratamento (T1) argila expandida com suas repetições em 3 dias, para o tratamento (T2) brita com suas repetições 3 dias e para o tratamento (T3) tampas de garrafa pet e conduits com suas repetições 3 dias totalizando 9 dias de experimento. No decorrer destes dias foram coletadas amostras para a leitura do pH que seria realizada no mesmo dia, assim, como também a temperatura já a amônia seria coletada as amostras e armazenadas em microtubo Eppendorf de 1,5 ml posteriormente armazenados no freezer com intuito de se fazer as análises de todos os tratamentos no mesmo dia.

Para as coletas delimitou-se duas coletas de água para o período da manhã e duas no período da tarde, coletadas na entrada e saída do tratamento analisados, realizando 8 coletas na entrada e 8 na saída contabilizando um total de 16 coletas ao dia. Figura 7.

Figura 7. Pesagem do cloreto de amônio (a), coleta das amostra (b).



Fonte: Autor, 2022.

#### 4.6 ANÁLISES DAS AMOSTRAS

A leitura do pH e temperatura foi realizada ao decorrer do experimento no período da manhã e tarde divididos em entrada e saída para cada tratamento. Sua leitura utilizou o pHmetro LUCA 210 nele também foi aferida a temperatura. O oxigênio dissolvido foi medido somente no primeiro e último dia somente como controle sua leitura ocorreu através do medidor multiparâmetro portátil SX836. Já as análises de amônia foram realizadas com o leitor de placas, pois ele consegue fazer leitura de um maior número de amostras e seu resultado é mais preciso. Figura 8.

Figura 8. Leitura do pH e temperatura (a), preparação das análises para leitura da amônia (b).



Fonte: Autor, 2022.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA

O comportamento da temperatura do tratamento 1 obteve uma variação entre 22°C a 27°C, na entrada e saída pela manhã já no período da tarde tanto na entrada quanto na saída a temperaturas variou entre 25°C a 27.8 °C.

De acordo com Ferreira (2010 p.7) “O processo de nitrificação ocorre numa larga faixa de temperatura, de 4 °C a 45 °C, sendo a temperatura para *Nitrosomonas* igual a 35 °C, e de 35 °C a 42 °C como ótima para as *Nitrobacter*, este processo é fortemente dependente da temperatura”.

Em relação ao tratamento 2, a temperatura pela manhã da entrada e saída ficou entre 22,4 oC a 27.7 °C no período da tarde na entrada e saída a temperatura permaneceu entre 23 °C a 27.8 oC. Assim, outro estudo aponta que em geral se considera que a temperatura ótima para a nitrificação é de 25° a 36° C (SILVA, 2009 p.32).

No tratamento 3, pela manhã a temperatura na entrada e saída ficou entre 22 °C a 27 °C no período da tarde na entrada e saída a temperatura esteve entre 22 °C a 27,8 °C. Embora o estudo de temperaturas referência para o desenvolvimento ótimo das bactérias tenha sido objeto de estudo de vários pesquisadores, não há um consenso exato quanto a delimitação das temperaturas mínimas, máximas e ótimas para o crescimento das bactérias nitrificantes (SILVA, 2018, p. 25).

### 5.2 COMPORTAMENTO DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Apesar de não ser o objetivo do trabalho acompanhar o oxigênio dissolvido no experimento foi realizada a medição uma vez ao dia para cada tratamento tanto na entrada quanto na saída utilizado o medidor multiparâmetro portátil SX836 para fazer a leitura com resultados no tratamento 1, entre 7 a 9 OD mg/l, no tratamento 2 esteve entre 8 a 9 OD mg/l, e o tratamento 3 ficou entre 8 a 9 OD mg/l.

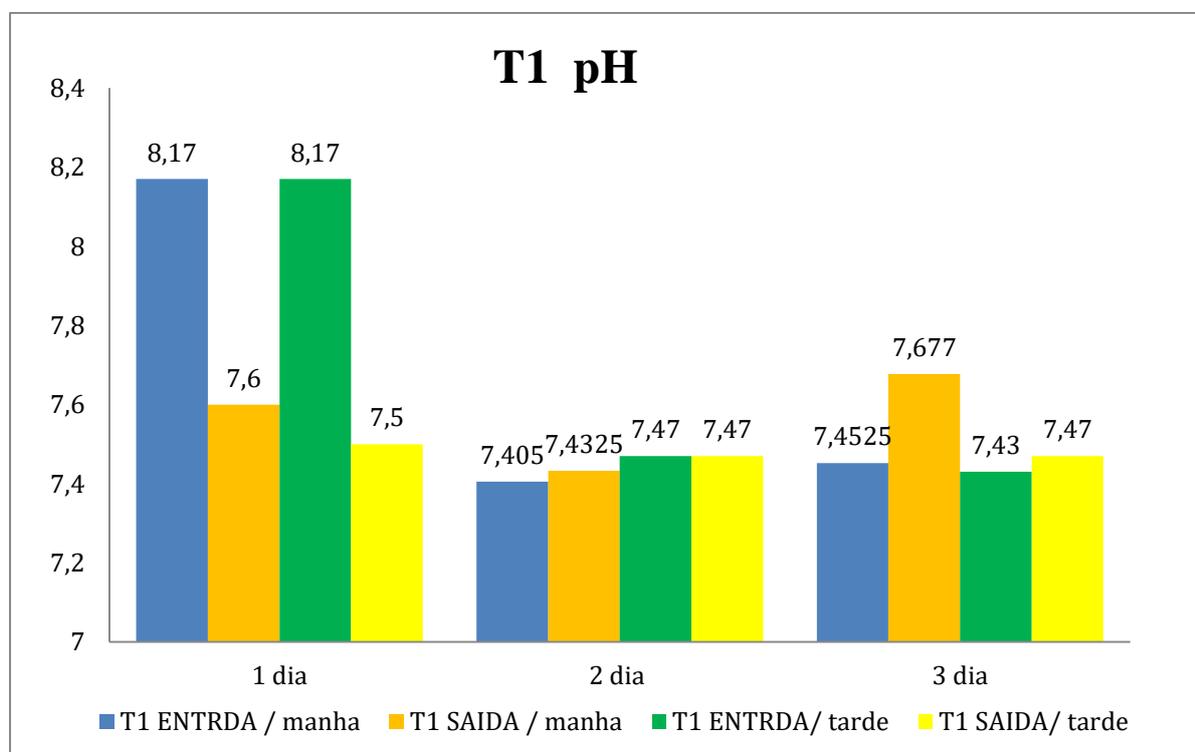
Haandel et al. (2009) e Ferreira (2010), apontam que, no geral, as concentrações de oxigênio para que ocorra nitrificação, se situam na faixa de 2 mg/L.

### 5.3 COMPORTAMENTO DO pH

No tratamento 1, na entrada e saída pela manhã o pH esteve entre 7 a 8,7 já no período da tarde na entrada e saída ficou em torno de 8 a 7,4 ao decorrer de todo o experimento não houve variação destes resultados. Gráfico 1.

De acordo, com a literatura a faixa ideal de pH para o processo de nitrificação está entre 7 a 9, faixas abaixo de 7 não são favoráveis para o desenvolvimento das bactérias envolvidas no processo de nitrificação (BRANDELERO et al, 2010 p.10)

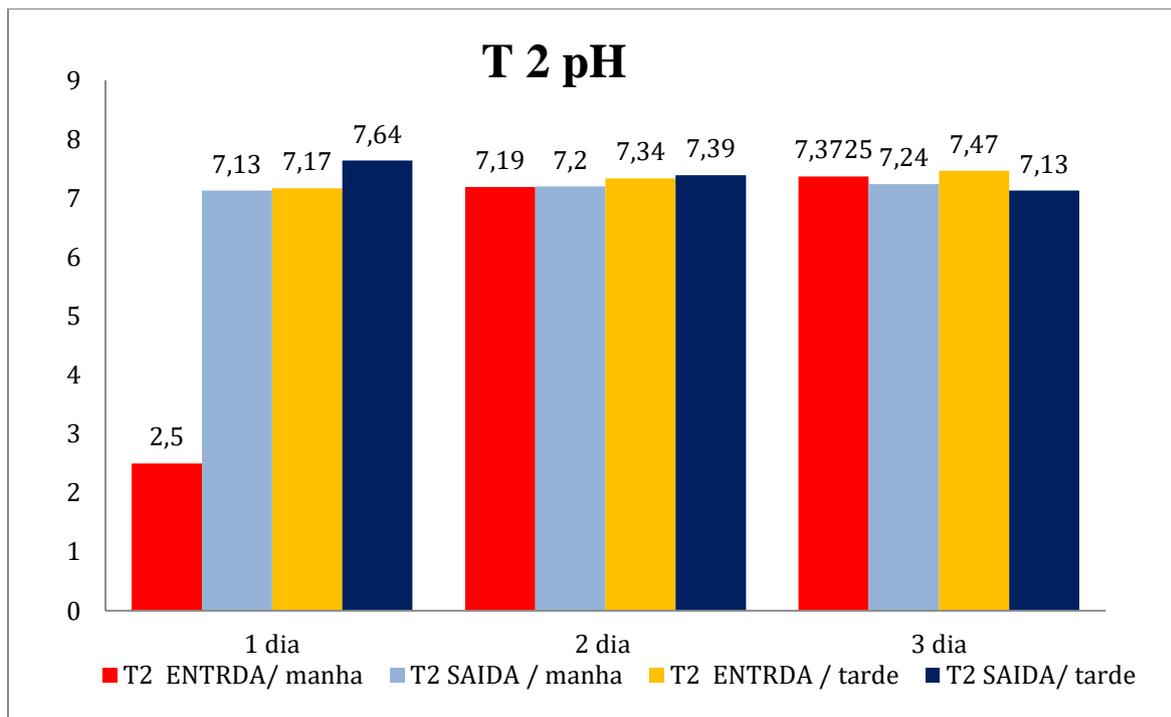
Gráfico 1 - Comportamento do pH dos tratamentos no período da manhã, entrada e saída.



Fonte: Autor, 2022.

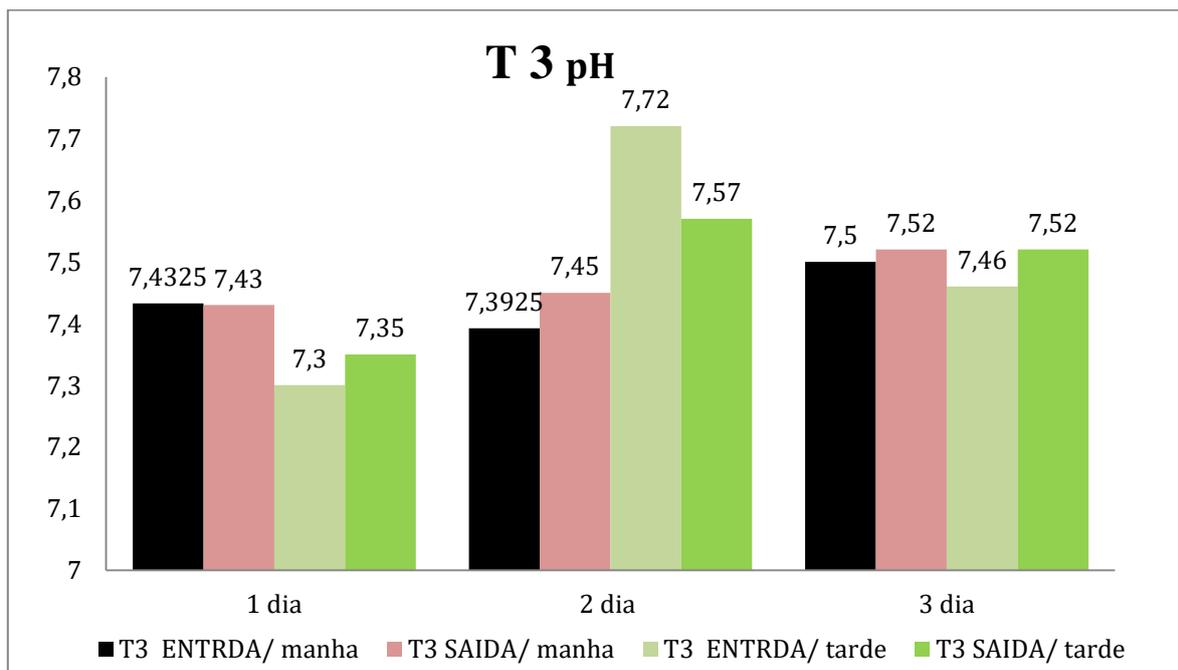
No tratamento 2, no período da manhã tanto na entrada quanto na saída teve o pH em torno de 7 a 7,4 já no período da tarde a entrada ficou entre 7,1 a 7,4 e a saída esteve em torno de 7,6 a 7,1.

Gráfico 2 - Comportamento do pH dos tratamentos no período da manhã, entrada e saída.



Já o tratamento 3, obteve o pH pela manhã na entrada entre 8 a 7,5 na saída, ficou em torno de 7 a 7,5 no período da tarde, esteve entre 7 a 7,4 na entrada e a saída ficou entre 7 a 7,5. Souto (2018, p.26) salienta que se o pH é alcalino ( $>8,0$ ), o equilíbrio se desloca até a formação de amônia, favorecendo a atividade das bactérias oxidadoras de amônio. Gráfico 2.

Gráfico 3 - Comportamento do pH dos tratamentos no período da tarde, entrada e saída.

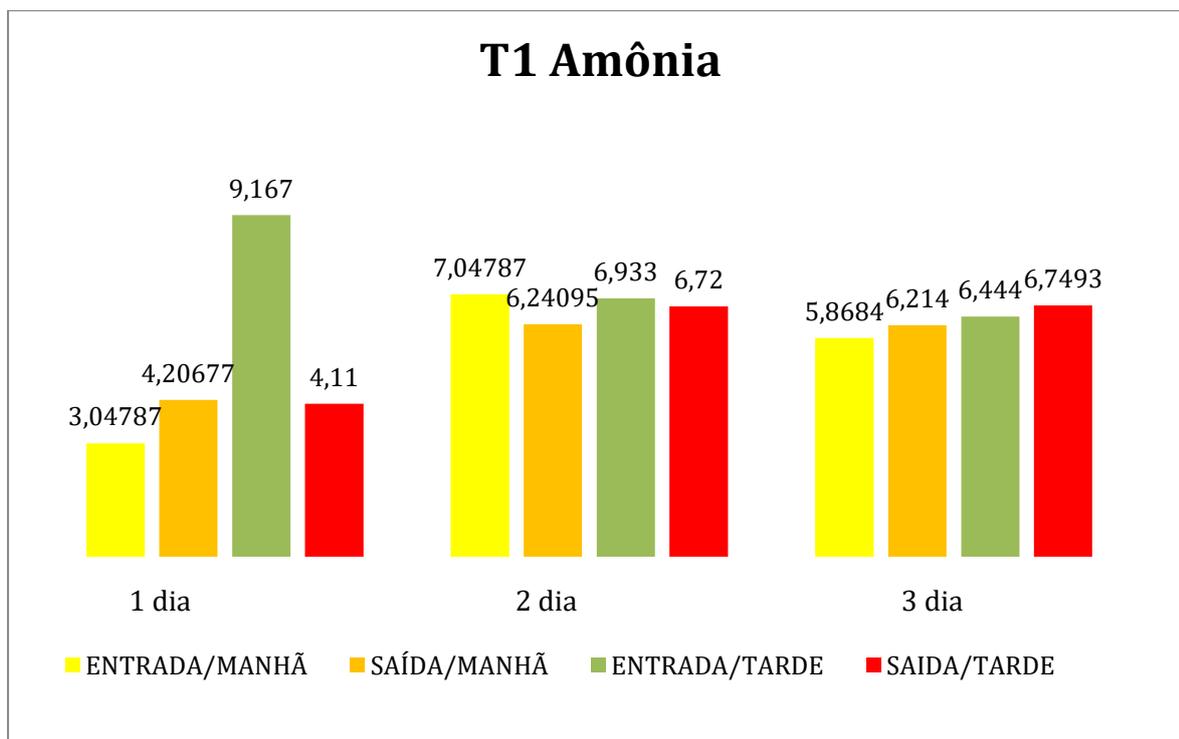


#### 5.4 COMPORTAMENTO DA AMÔNIA

No tratamento 1, no período manhã na entrada, entre o primeiro e segundo dia variou entre 3 mg/l NH<sub>3</sub> a 7 mg/l NH<sub>3</sub> de amônia, no entanto, para o terceiro dia, ocorreu uma redução de 5,8 mg/l NH<sub>3</sub>. Entretanto na saída foi observado uma elevação da amônia no primeiro e segundo dia com 4 mg/l NH<sub>3</sub>, para 6,2 mg/l NH<sub>3</sub> mantendo-se em 6,2 mg/l NH<sub>3</sub> no terceiro dia.

No período da tarde, o desempenho da entrada no primeiro dia ocorreu um pico de 9,1 mg/l NH<sub>3</sub> em relação ao segundo dia, indicando uma queda para 6,9 mg/l NH<sub>3</sub>, com uma leve redução no terceiro dia para 6,4 mg/l NH<sub>3</sub>. Na saída pode-se observar, que no desempenho referente ao primeiro dia houve uma diminuição de 4 mg/l NH<sub>3</sub>, contudo, no segundo dia amônia chegou a 6,7 mg/l NH<sub>3</sub>, tendendo-se no terceiro dia se estabilizar em 6,7 mg/l NH<sub>3</sub>. De acordo com o gráfico 3.

Gráfico 4 - Tratamento 1, concentração de amônia mg/L no período manhã, entrada, saída(a), período da tarde, entrada, saída(b) dos filtros biológicos do sistema.



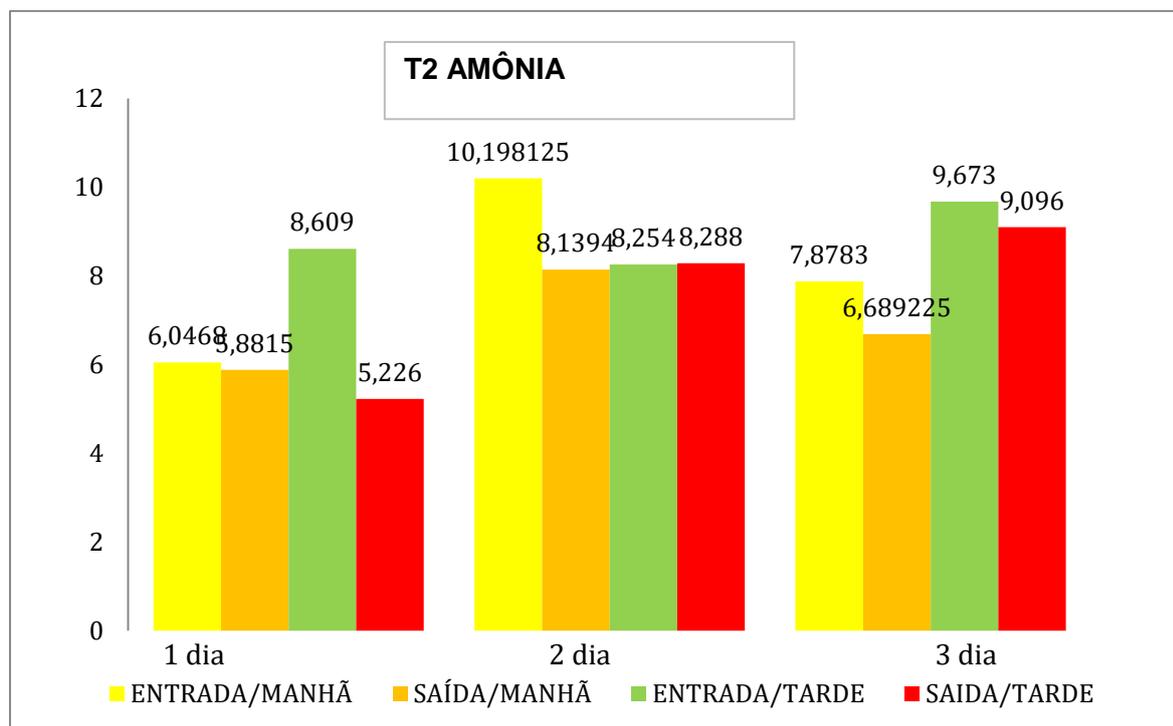
Fonte: Autor, 2022.

O desempenho pela manhã do Tratamento 2, na entrada foi de 6 mg/l NH<sub>3</sub> mas no segundo dia ocorreu um pico de 10,1 mg/l NH<sub>3</sub>, com uma diminuição no terceiro dia de 7,8 mg/l NH<sub>3</sub>. Em relação ao período da tarde a entrada ocorreu uma elevação gradativa do

primeiro dia de 8,6 mg/l NH<sub>3</sub> no segundo dia obteve 8,2 mg/l NH<sub>3</sub> para 9,6 mg/l NH<sub>3</sub> no terceiro dia. Gráfico 4.

Os dados observados da saída no período da manhã obteve 5,8 mg/l NH<sub>3</sub> no primeiro dia, atingindo 8,1 mg/l NH<sub>3</sub> no segundo dia, apresentando 6,6 mg/l NH<sub>3</sub> no terceiro dia. Em comparação a saída da tarde os dados no primeiro dia atingiram 5,2 mg/l NH<sub>3</sub>, no segundo dia apresentou 8,2 mg/l NH<sub>3</sub>, passando para 9 mg/l NH<sub>3</sub> no terceiro dia.

Gráfico 5 - Tratamento 2, concentração de amônia mg/L no período manhã, entrada, saída(a), período da tarde, entrada, saída(b) dos filtros biológicos do sistema.

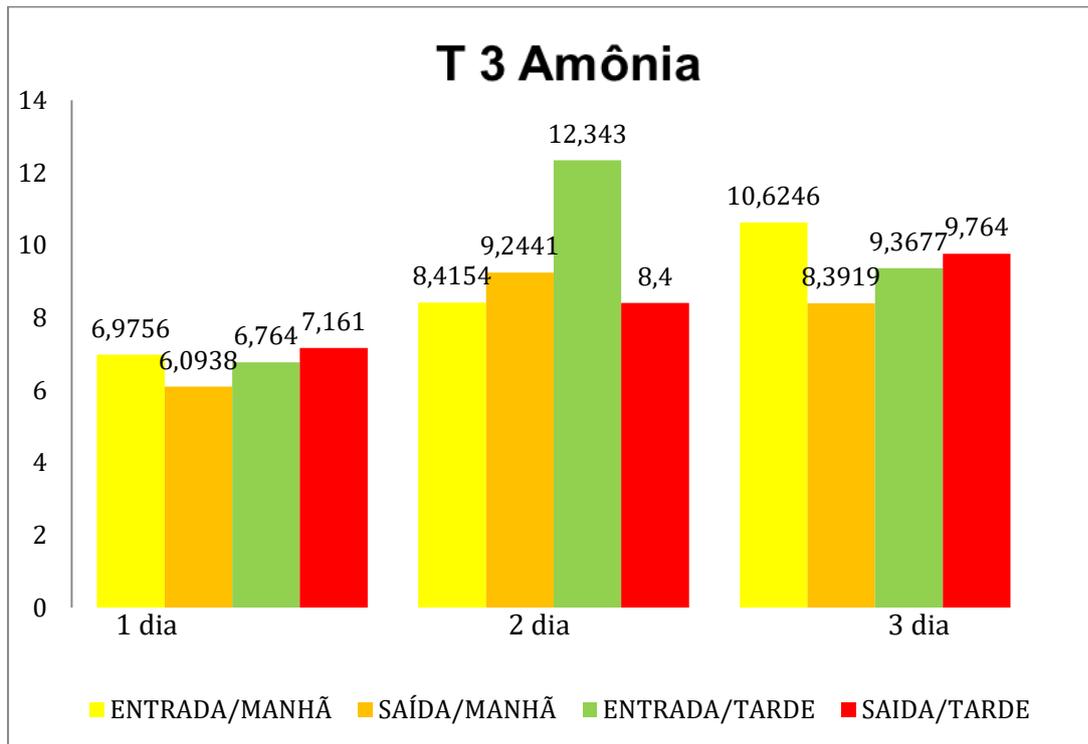


Fonte: Autor, 2022.

Quanto ao tratamento 3, as entradas no período da manhã tiveram um aumento gradativo no experimento com 6,9 mg/l NH<sub>3</sub> no primeiro dia, 8,4 mg/l NH<sub>3</sub> no segundo dia, obtido 10,6 mg/l NH<sub>3</sub> no terceiro dia. Na saída no primeiro dia foi de mg/l NH<sub>3</sub>, 9,2 mg/l NH<sub>3</sub> no segundo dia, no terceiro dia com 8,3 mg/l NH<sub>3</sub>. Gráfico 5 .

Na entrada no período da tarde no primeiro dia foi 6,7 mg/l NH<sub>3</sub>, obteve 12,3 mg/l NH<sub>3</sub> no segundo dia e 9,3 mg/l NH<sub>3</sub> no terceiro dia. Em relação à saída no primeiro dia alcançou 7,1 mg/l NH<sub>3</sub> no segundo atingiu 8,4 mg/l NH<sub>3</sub> e 9,7 mg/l NH<sub>3</sub> ao terceiro dia.

Gráfico 6- Tratamento 3. concentração de amônia mg/L no período manhã, entrada, saída(a), período da tarde, entrada, saída(b) dos filtros biológicos do sistema.



Fonte: Autor, 2022.

A atividade das bactérias oxidadoras de nitrito é fortemente dependente da concentração de amônia (Zoppas; Bernardes; Meneguzzi, 2016). Na faixa entre 0,4 e 2,5 mg/l a amônia é letal para muitas espécies; entre 0,05 e 0,4 mg/l temos níveis subletais e abaixo de 0,05 mg/l temos a concentração ideal. Os teores altos de oxigênio dissolvido diminui a toxidez da amônia. (PROENÇA, 1994).

Para inibição da nitrificação em pH de 7,0 e temperatura de 20°C, mostram que é improvável a inibição da nitrificação como resultado da presença de amônia e nitrito livres, quando o sistema biológico opera em equilíbrio. Entretanto, descargas de correntes mais contendo estas formas de nitrogênio podem causar inibição. Assim para se conseguir uma população suficiente de nitrificadoras a idade lodo (ou tempo de retenção dos sólidos) deve ser superior ao tempo de retenção de sólidos para nitrificação ( FERREIRA 2010).

O processo de nitrificação é sensível às alterações de pH, e é provável que haja inibição pelas formas não ionizadas dos seus próprios substratos, dado que, o pH é um dos fatores que determina o equilíbrio entre as formas ionizadas e não ionizadas dos substratos NH<sub>3</sub> e HNO<sub>2</sub> (SOUTO, 2018 p.24).

## 6 CONCLUSÃO

No que se refere ao comportamento do pH, constatou-se que não houve diferença entre os tratamentos, tanto na entrada quanto na saída, assim como, no período manhã e à tarde. Por outro lado, em relação a amônia houve variação no decorrer dos tratamentos entre a entrada e saída e com relação ao período manhã e tarde.

Os resultados aqui reunidos podem servir de percepções para a observar o desempenho dos biofiltros no sistema de recirculação. Acerca das limitações presentes neste estudo, ressalta-se a quantidade de repetições, período de exposição dos tratamentos.

Outras limitações destacadas foram o tempo de inoculação das bactérias nitrificantes, assim como realizar os experimentos simultâneos. Posto isso, em relação às futuras investigações recomenda-se que haja maior número de repetições, um tempo prolongado da inoculação das bactérias nitrificantes e concluir o experimento síncrono.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLZAN, JOÃO FELIPE MARTINS; HERRERA, Vânia Érica. Sustentabilidade nas organizações: Uma questão de competitividade. REGRAD - Revista Eletrônica de Graduação do UNIVEM - ISSN 1984-7866, [S.l.], v. 6, n. 1, feb. 2014. ISSN 1984-7866. Disponível em: <<https://revista.univem.edu.br/REGRAD/article/view/438>>.

BRANDELERO, S. M.; SIQUEIRA, E. Q.; SANTIAGO, M. F. A cinética do nitrogênio em água superficial de ambiente lótico. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 147-156, 2010. (doi:10.4136/ambi-agua.159)

BROWN, Monisha N. et al. Ammonia-oxidizing archaea and nitrite-oxidizing nitrospiras in the biofilter of a shrimp recirculating aquaculture system. *FEMS microbiology ecology*, v. 83, n. 1, p. 17-25, 2013.

CARVALHO, M.B. Larvicultura de beijupirá. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 92, p. 45-53. 2005.

COSTA E, PEREZ J, KREFT JU. Why is metabolic labour divided in nitrification? *Trends Microbiol*, v. 14, p. 213–219, 2006.

Cinética química e fundamentos dos processos de nitrificação e desnitrificação biológica. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre.

CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J. P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquaculture Engineering*, v. 34, p. 179 – 197, 2006.

FAO. *A Guide to Recirculation Aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems*. Hungary, 90 p., 2015.

FERREIRA, Leonardo Schorcht Bracony Porto. *Microbioma e parâmetros de operação de MBBR em um sistema de recirculação na piscicultura intensiva*. 70 p. Tese (doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina, centro de ciências agrárias, programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2020.

FERREIRA, E. S. Cinética química e fundamentos dos processos de nitrificação e desnitrificação biológica. In: Congresso Interamericano De Engenharia Sanitária E Ambiental, 27., 2010, São Paulo. Anais. São Paulo: Abes - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2010. v. 1, p. 1 - 25.

FILHO, Braz Manuel dos Santos Pires. *Qualidade na Produção de Peixes em Sistema de Recirculação de Água*. 42 p. Monografia apresentada no Curso de Pós Graduação em Qualidade nas Empresas como requisito parcial para obter o grau de Especialista. Centro universitário Nove de Julho. 2000.

GARUTTI, V. 2003 *Piscicultura ecológica*. São Paulo: Editora UNESP. 332p.

GODFRAY, H. Charles J. et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.

YOO, H.; AHN, K.H.; LEE, H.J.; LEE, K.H.; KWAK, Y.J., SONG, K.G. (1999) Nitrogen removal from synthetic wastewater by simultaneous nitrification and denitrification (SND) via nitrite in an intermittently aerated reactor. *Water Research*, v. 33, n. 1, p. 145-154.

JÚNIOR, Leôncio Marcos Fonseca de Gusmão. Construção de laboratório de aquicultura utilizando sistema de recirculação. 46 p. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Penedo – Alagoas, 2014.

LAPA, K. R. ARANA, L. A. V. SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA - RAS. *aquaculture brasil*. julho/agosto, p.16-22, 2016.

LIMA, Arnon Diego Correia Bezerra de. "DESEMPENHO DO LAMBARI DO RABO AMARELO (*Astyanax altiparanae*) EM DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE". Monografia (Graduação) - UFPB/CCA- AREIA . João Pessoa, 2019. 27 f.

MARTINS, C. I. M. et al. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, v. 43, n. 3, p. 83-93, 2010.

MICHELS, Camila et al. Utilização de tiosulfato como doador de elétrons para remoção de nitrogênio via nitrificação e desnitrificação autotrófica em reator SBR. Tese de Doutorado. 2011.

MONCADA, J. E. C. M; Flor, LDS; Silva, VA; Pacheco, JS. Estudo da adição de argila expandida e EPS como agregados na elaboração de concreto leve. *Revista Teccen*. 2019.

OLIVEIRA, A. V. M.; MACHADO, E. L. M. OLIVEIRA, G. FUJIWARA, T. Avaliação de cartéis: o caso das pedras britadas. *Revista de Direito da Concorrência*, v. 18, p. 93- 121, 2008.

OWATARI, Marco Shizuo. Fibra Sintética Como Suporte Biológico Em Sistemas De Recirculação Para Aquicultura (RAS). 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Graduação em Engenharia de Aquicultura. Florianópolis, SC, 2016.

OWATARI, M. S. et al. SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA - RAS. *AQUACULTURE BRASIL*. Novembro/Dezembro, p. 48-52, 2016.

PASSARINHO, Welington de Arruda. Impactos socioeconômicos e ambientais da aquicultura na região da Serra da Mesa – Goiás : a experiência de Uruaçu. 71 f. : il. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2011.

RIDHA, M. T; CRUZ,E. M. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a simple recirculating system. *Aquacultural engineering*, Amsterdam, v.24, p. 157-166, 2001.

SALARO et al. Avanços na nutrição e produção de lambaris. In: Tavares-Dias, M. & Mariano, W.S. (Org.). Aquicultura no Brasil: novas perspectivas. São Carlos, Editora Pedro & João, 2015. p.491-501.

SANTOS et al. Nível de arraçoamento e frequência alimentar no desempenho de alevinos de tilápia-do-nylo. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 41(2): 387 – 395, 2015.

SILVA, Mickey Anderson Paixão da. Influência das características morfológicas de britas graníticas e gnaíssicas na resistência à compressão do concreto e Tab. 104 folhas. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, 2016.

Souto, Rafael Felipe Silva. Remoção de nitrogênio em sistema de reator UASB seguido de lodo ativado com unidade de pré-desnitrificação. 43 f.: il. Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental. Natal, RN, 2018.

Souza, Magno Caiqui Aquino de et al. 2020. Estudo Comparativo Da Resistência À Compressão Do Concreto Com Pedra Brita, E Brita De Quartzo Extraída Do Processo De Mineração De Metais Em Peixoto De Azevedo - Mt. <disponível em>:<http://104.207.146.252:8080/xmlui/handle/123456789/373>.

TIMMONS, M. B., EBELING, J. M., 2010. Recirculating Aquaculture, 2nd edition. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY.

TOMIYAMA, H., OHSHIMA, M., ISHII, S., SATOH, K., TAKAHASHI, R., ISOBE, K., IWANO H., TOKUYAMA, T. Characteristics of Newly Isolated Nitrifying Bacteria from Rhizoplane of Paddy Rice. Microbes and Environments v. 16, p. 101-108, 2001.

VAN HAANDEL, A., KATO, M., VON SPERLING, M. Remoção biológica de nitrogênio: Aplicações para o sistema de lodo ativado. In: MOTA, S. B.; VON SPERLING, M (org). Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. ABES, 2009.

KUBITZA, F. - Sistemas de Recirculação: reuso de água. Panorama de aquicultura, v. 16, n. 95, p. 15-22, Ed. maio/junho. 2006.