



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

**SUELEN CRISTINA PINTO**

**ASSIMILAÇÃO DE NUTRIENTES POR MACRÓFITAS FLUTUANTES  
(AZOLLA SP. E SALVINIA MOLESTA) EM SIMULAÇÃO DE CULTIVO  
INTENSIVO DE *OREOCHROMIS NILOTICUS***

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2018**

**SUELEN CRISTINA PINTO**

**ASSIMILAÇÃO DE NUTRIENTES POR MACRÓFITAS FLUTUANTES  
(AZOLLA SP. E SALVINIA MOLESTA) EM SIMULAÇÃO DE CULTIVO  
INTENSIVO DE OREOCHROMIS NILOTICUS**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia de Aquicultura, na Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Saccol Pereira

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2018**

## SUELEN CRISTINA PINTO

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

Pinto, Suelen Cristina  
ASSIMILAÇÃO DE NUTRIENTES POR MACRÓFITAS FLUTUANTES  
(AZOLLA SP. E SALVINIA MOLESTA) EM SIMULAÇÃO DE CULTIVO  
INTENSIVO DE OREOCHROMIS NILOTICUS / Suelen Cristina  
Pinto. -- 2018.  
39 f.:il.

Orientador: Doutora Adriana Saccol Pereira.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Engenharia de Aquicultura, Laranjeiras do Sul, PR ,  
2018.

1. Tratamento de efluentes. 2. Compostos  
nitrogenados. 3. Sistema de recirculação. I. Pereira,  
Adriana Saccol, 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).

## SUELEN CRISTINA PINTO

SUELEN CRISTINA PINTO

ASSIMILAÇÃO DE NUTRIENTES POR MACRÓFITAS FLUTUANTES  
(AZOLLA SP. E SALVINEA MOLESTA) EM SIMULAÇÃO DE CULTIVO  
INTENSIVO DE OREOCHROMIS NILOTICUS.

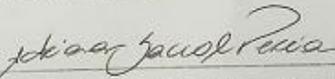
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de  
Aquicultura da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Orientadora: Profª Drª Adriana Saccol Pereira

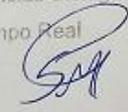
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

03/07/2018

BANCA EXAMINADORA

  
Ciências Biológicas Adriana Saccol Pereira, Drª Professora na UFFS

  
Ciências Biológicas Rubia dos Santos Bonapaz, MSc. Professora na Faculdade  
Campo Real

  
Engenheira de Aquicultura Samara Marcon, Mestranda Unioeste

Dedico este trabalho aos meus queridos avós maternos, Fermino Pedro Pinto (*in memoriam*) e Alice Maioli Pinto (*in memoriam*), sábias pessoas analfabetas que conduziram e incentivaram minha educação formal. Em especial, à minha amada Alice que viveu esse sonho comigo, foi minha amiga e acreditou em mim.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A minha orientadora Adriana Saccol Pereira, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Agradeço também a minha família que, apoiando e ajudando permitiu que fosse feito da melhor forma possível.

Agradeço em especial ao meu Namorado Sabino Sartorelli Junior por toda ajuda durante a graduação, por toda paciência, compreensão, carinho e amor, e por me ajudar muitas vezes a achar soluções quando elas pareciam não aparecer. Você foi a pessoa que compartilhou comigo os momentos de tristezas e alegrias.

Aos meus amigos, que me apoiaram e que sempre estiveram ao meu lado durante esta longa caminhada, em especial minhas amigas Alana Patricia Bocca Rigon, Caroline Piovesan, Samara Marcon, Rafaela Lenz, Rubia Bonapaz.

“Algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre, umas porque nos vão ajudando na construção, outras porque nos apresentam projetos de sonho e outras ainda porque nos desafiam a construí-los”.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tabela de valores de p ( $p < 0,05$ ) encontrados no teste de ANOVA..	24
Tabela 2- Tabela de valores de p ( $p < 0,05$ ) que apresentaram diferença significativa para OD encontrados no teste de ANOVA.....	30

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1- Plano de instalação do sistema experimental .....	22
---	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Média e desvio padrão do comportamento da amônia no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída .....	25
Gráfico 2 - Média e desvio padrão do comportamento do nitrito no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída .....	26
Gráfico 3 - Média e desvio padrão do comportamento do pH no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída .....	26
Gráfico 4 - Média e desvio padrão do comportamento da condutividade no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída.....	28
Gráfico 5 - Média e desvio padrão do comportamento da temperatura no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída.....	29
Gráfico 6 - Média e desvio padrão do comportamento do oxigênio dissolvido no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída.....	30

## LISTA DE SIGLAS

ATP – Adenosina Trifosfato

ANOVA – Análise de Variância

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

°C – Graus Celsius

DBO – Demanda Biológica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – Organização das Nações Unidas Para a Alimentação e a Agricultura

G – Gramas

H – Horas

Kg- Quilograma

L – Litro

M - Metro

Mg – Miligrama

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

SOFIA – Estado Mundial da Pesca e Aquicultura

UFFS – Universidade Federal da Fronteira Sul

μS/cm - Micro Siemens Por Centímetro

## RESUMO

Devido à expansão das atividades aquícolas, surgem questões relacionadas à sustentabilidade ambiental dos sistemas de produção pela utilização direta dos recursos hídricos, que pode afetar a qualidade e a quantidade de água disponível nestes. Diante disso, faz-se necessário a busca por mecanismos viáveis que possibilitem minimizar tais impactos utilizando de forma sustentável os recursos naturais disponíveis. Como alternativa para o tratamento destes efluentes é possível a utilização de macrófitas aquáticas que está normalmente associado ao uso de plantas flutuantes ou enraizadas. Sendo de grande relevância o tratamento de efluentes, o presente trabalho teve como objetivo avaliar eficiência de assimilação de nutrientes por macrófitas flutuantes (*Azolla* sp. e *Salvinia molesta*) em simulação de cultivo intensivo de *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo), a fim de verificar qual a melhor opção a ser utilizada em tratamento biológico da água de cultivo de peixes. Foi utilizado um sistema de recirculação de água contendo uma caixa com capacidade de 250 L onde foram alocados os juvenis de *Oreochromis niloticus* que produziram o efluente, e, 9 caixas com capacidade de 50 L onde foram colocadas as macrófitas de forma totalmente aleatória. Foram utilizados 3 tratamentos (*Azolla* sp. e *Salvinia molesta*, *Azolla* sp. e *Salvinia molesta*) com três repetições cada um. Foram medidas as variáveis (temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade, amônia e nitrito), da água do tanque de cultivo e das caixas contendo as macrófitas. Pode-se considerar o uso de macrófitas aquáticas para o tratamento de efluentes de piscicultura de acordo com o sistema que será instalado. Os resultados obtidos mostram a necessidade de se aumentar a área superficial dos filtros contendo as macrófitas aquáticas, bem como promover o desenvolvimento por completo das mesmas. Além disso, é necessário um maior período de tempo para o delineamento experimental para que desta forma, se possa avaliar a capacidade das macrófitas como fitorremediadoras no tratamento destes efluentes.

**Palavras-chave:** Tratamento de efluentes, compostos nitrogenados, sistema de recirculação.

## ABSTRACT

Due to the expansion of aquaculture activities, issues related to the environmental sustainability of production systems arise through the direct use of water resources, which can affect the quality and quantity of water available in these systems. Given this, it is necessary to search for viable mechanisms that make it possible to minimize such impacts using the available natural resources in a sustainable way. As an alternative to the treatment of these effluents it is possible to use aquatic macrophytes which is normally associated with the use of floating or rooted plants. The aim of this work was to evaluate the efficiency of assimilation of nutrients by floating macrophytes (*Azolla* sp. And *Salvinia molesta*) in intensive culture simulation of *Oreochromis niloticus* (Nile tilapia) in order to verify the effluent treatment which is the best option to be used in biological treatment of fish culture water. A water recirculation system containing a box with a capacity of 250 L was used where the juveniles of *Oreochromis niloticus* that produced the effluent were allocated, and 9 boxes with 50 L capacity where the macrophytes were placed in a totally random manner. Three treatments (*Azolla* sp. And *Salvinia molesta*, *Azolla* sp. And *Salvinia molesta*) were used with three replicates each. The variables (water temperature, dissolved oxygen, pH, conductivity, ammonia and nitrite), the water in the culture tank and the boxes containing the macrophytes were measured. The use of aquatic macrophytes for the treatment of fish farming effluents can be considered according to the system to be installed. The results show the need to increase the surface area of the filters containing the aquatic macrophytes, as well as to promote their development completely. Furthermore, it is necessary a longer period of time for the experiment so that in this way, one can evaluate the ability of the macrophytes phytoremediator as in the treatment of these effluents.

Keywords: Effluent treatment, nitrogen compounds, recirculation system.

## SUMÁRIO

### Sumário

RESUMO.....	11
SUMÁRIO.....	13
INTRODUÇÃO .....	13
OBJETIVO GERAL .....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
JUSTIFICATIVA .....	18
METODOLOGIA.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
a) Amônia .....	24
b) Nitrito .....	25
c) pH.....	26
d) Condutividade.....	28
e) Temperatura .....	29
e) Oxigênio Dissolvido.....	29
CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

## INTRODUÇÃO

A aquicultura pode ser definida como o cultivo de organismos aquáticos em um espaço confinado e controlado, visando uma maior produtividade. Essa prática reúne técnicas de cultivo e reprodução de peixes, crustáceos, algas, moluscos, entre outros, sendo a piscicultura a principal atividade aquícola (LOPES, 2017). A demanda mundial por pescado tem sofrido um significativo incremento nas últimas décadas, principalmente em função do crescimento populacional e da busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis (BRABO et al., 2016).

A produção de pescado pela aquicultura continuou a crescer em 2016. Segundo as estatísticas divulgadas pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2016), foi registrada uma alta na produção aquícola mundial de 160 milhões de toneladas por ano em 2016, com grande expectativa de crescimento para os anos seguintes. Segundo pesquisas divulgadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2016) o consumo per capita de pescados no país variou de 16,7 kg/habitante no ano de 2015 para 22,6 kg/habitante em 2016, apresentando crescimento superior a 20% para o ano seguinte.

O Estado Mundial da Pesca e Aquicultura 2016 (SOFIA), estima que o Brasil deve registrar um crescimento de 104% na produção da pesca e aquicultura em 2025 de acordo com novo relatório divulgado pela FAO. Cerca de 567 espécies aquáticas são atualmente cultivadas em todo o mundo, representando uma riqueza de diversidade genética dentro e entre espécies. Oitenta por cento da produção atual da aquicultura é derivada de animais baixos na cadeia alimentar, como peixes herbívoros, onívoros e moluscos (FAO, 2016).

De acordo com Vieira et al. (2005), no Brasil, a espécie que vem obtendo destaque é a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), uma espécie considerada precoce pois apresenta rápido crescimento e excelente desempenho em diferentes sistemas de criação. A criação de tilápia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758), é o mais difundido tipo de aquicultura

no mundo. As expectativas mostram que o cultivo desse animal será um importante contribuinte para o rápido crescimento da aquicultura mundial. A tilápia do Nilo, é a espécie mais expressiva na produção aquícola brasileira (FAO, 2016), e nos últimos dez anos apresentou um aumento de mais de 200% na sua produção no país (EMBRAPA, 2017). Isto se dá devido às condições favoráveis ao cultivo dessa espécie. São animais que se adaptam com facilidade aos diferentes sistemas de produção, devido ao seu processo de domesticação e tecnologias de produção (KUBITZA, 2011). Nesse sentido, o aumento na produção de tilápias se deve às diversas características zootécnicas, como adaptabilidade a variados sistemas de produção e condições ambientais; facilidade de reprodução e tolerância à baixa qualidade de água (MASSAGO, et al., 2010), onde a mesma destaca-se mundialmente nas criações intensivas pela rusticidade e por apresentar filé sem espinhos e com boas características organolépticas (FURUYA, et al., 2005). Desta forma, a preocupação com o ambiente onde a mesma será alocada, assim como os cuidados com os efluentes gerados pelo seu cultivo ocorrido normalmente em alta densidade, deve ser parte integrante do processo de produção, de modo que as técnicas utilizadas otimizem a produção de organismos aquáticos levando em consideração os possíveis impactos do sistema de criação ao ecossistema (VALENTI, 2000).

Faz-se necessário a busca por mecanismos viáveis que possibilitem minimizar tais impactos utilizando de forma sustentável os recursos naturais disponíveis. Neste contexto, estratégias apropriadas de manejo dos resíduos gerados pelo cultivo são indispensáveis para manter a legalidade, a rentabilidade e a sustentabilidade de qualquer empreendimento aquícola (NACA/FAO, 2000). Uma das alternativas para controle e tratamento dos efluentes gerados pelo cultivo de peixes está na presença de macrófitas (plantas aquícolas flutuantes) colocadas entre a saída do efluente do cultivo e água do ambiente, de forma que as mesmas atuem como um biofiltro. O uso de macrófitas aquícolas como “agente purificador” justifica-se por sua intensa absorção de nutriente e rápido crescimento, assim como por oferecer facilidades na retirada das mesmas do ambiente e pelas possibilidades de aproveitamento da biomassa das plantas (SOUZA, 2016).

O uso de organismos vivos para a remoção ou redução de poluentes no ambiente é denominado biorremediação. Dentro da biorremediação, a fitorremediação destaca-se como uma das técnicas mais estudadas que, consiste basicamente no uso de plantas para a recuperação ou estabilização de ambientes poluídos (MARTINS, 2009). Com isso, as plantas utilizam alguns mecanismos para remediar ambientes poluídos.

Segundo Oliveira et al. (2007), a técnica da fitoextração envolve a absorção dos contaminantes pelas raízes, onde são armazenados ou transportados e acumulados em suas partes aéreas. Durante o processo de fitovolatilização as plantas e organismos a elas associados ajudam a remover os poluentes do meio pela volatilização dos mesmos. Diante disso, ocorre o sequestro e remoção do poluente, que passa para a atmosfera através do vapor de água volatilizado.

De acordo com Lambert (2012), a volatilização pode ocorrer pela biodegradação na rizosfera ou após a passagem na própria planta. No caso da absorção do poluente, este pode passar por diversos processos metabólicos internos, sendo liberado a partir da superfície das folhas. Os poluentes podem ser transformados em gases através do processo de respiração das plantas.

A fitodegradação, ou fitotransformação é a quebra de contaminantes capturados através de processos metabólicos, ou externamente à planta, através do efeito de compostos (enzimas e cofatores enzimáticos), produzidos e excretados pelas plantas (BARRETO, 2011). A captura e o metabolismo vegetal são os principais mecanismos envolvidos neste processo.

De acordo com Santos e Novak (2013), durante o processo de rizodegradação o contaminante é biodegradado pela comunidade microbiana associada à rizosfera da espécie vegetal, ocorre normalmente, após a fitoestimulação. Martins (2009), cita que a fitoestabilização é uma técnica de remediação que estabiliza os poluentes e evita a exposição dos mesmos através da erosão, lixiviação, suprimindo a migração dos contaminantes nas águas subterrâneas reduzindo os riscos para a saúde humana e para o ambiente.

A rizofiltração, que se trata da adsorção do poluente, principalmente metais, pelas raízes de plantas aquáticas presentes nos ambientes aquáticos

(MALDONADO, 2009). Neste processo para remediação as plantas absorvem e concentram os metais nas suas raízes e brotos.

Como alternativa para o tratamento destes efluentes é possível a utilização de macrófitas aquáticas que está normalmente associado ao uso de plantas flutuantes ou enraizadas. Estas plantas por sua vez, fornecem superfície e substrato que acaba proporcionando crescimento bacteriano e alteração do ambiente físico-químico da água e da rizosfera. Essa combinação faz com que ocorra redução dos níveis de poluentes (amônia, amônio, fosfato, DBO (Demanda Biológica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), sólidos em suspensão, coliformes e metais pesados), dos corpos de água (GODFREY *et al.*, 1985).

A macrófita *Azolla sp.*, conhecida por viver em simbiose com a cianobactéria *Anabaena azollae* que fixa o nitrogênio em altas taxas, é muito utilizada como fertilizante nitrogenado na produção de arroz irrigado (SCIVITTARO *et al.*, 2008). Já a macrófita *Salvinia molesta* comumente encontrada na região sul do Brasil, é conhecida por apresentar grande plasticidade fenotípica e altas taxas de crescimento (RUBIM, 2004). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar se a macrófita *Azolla sp.*, e a macrófita *Salvinia molesta* atuam de forma similar na absorção de nutrientes presentes na água do tanque onde estão os peixes.

## **OBJETIVO GERAL**

Avaliar a eficiência das macrófitas *Azolla sp.* e *Salvinia molesta* na absorção de nutrientes presentes no efluente gerado pelo cultivo de peixes de *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo).

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Medir as variáveis físicas e químicas (temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade, amônia e nitrito), da água do tanque de cultivo e dos tanques contendo as macrófitas *Azolla sp.* e *S. molesta*;
- Verificar a eficiência na absorção de nutrientes presentes na água advinda do tanque de cultivo das macrófitas *Azolla sp.* e *S. molesta*.

## JUSTIFICATIVA

As atividades dos sistemas de produção de peixes podem provocar impactos ambientais, principalmente pelo aporte de efluentes não tratados ao meio ambiente (MACEDO, 2010). Devido à expansão das atividades aquícolas, surgem questões relacionadas à sustentabilidade ambiental dos sistemas de produção pela utilização direta dos recursos hídricos, que pode afetar a qualidade e a quantidade de água disponível. Nesse contexto, a atividade vem sendo tratada por setores governamentais e não governamentais como impactante ao meio ambiente, visto que é geradora de uma série de efluentes e resíduos com características que, se não forem devidamente gerenciados podem comprometer a qualidade do meio ambiente natural (LIMA, 2010).

Assim, a expansão da aquicultura em água doce tem contribuído com o aumento de nutrientes no meio aquático e, além disso, o manejo inadequado pode ser prejudicial para os animais (MACEDO, 2010). Diante disso, a produtividade em uma atividade como a piscicultura depende fundamentalmente da qualidade da água, indicada por parâmetros físicos, químicos e biológicos (MACEDO et al. 2005). Desta forma, em tanques de cultivo de peixes, os efluentes gerados apresentam altas concentrações de nutrientes sólidos e solúveis, derivados de produtos metabólicos, da decomposição da matéria orgânica e lixiviação, dissolvidos na água ou acumulados sobre o sedimento. Conforme Macedo (2010), o aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo são as principais causas da eutrofização em ecossistemas continentais, onde pode haver rápido desenvolvimento de algas e crescimento excessivo de plantas aquáticas.

Com base nessa premissa, a água utilizada em sistemas de cultivo deve passar por uma unidade de tratamento antes de retornar ao ambiente, buscando assim devolver as características originais da água utilizada na produção. Segundo a Resolução de nº 430 de maio de 2011, do Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA), os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam estritas condições citadas na Resolução. Com isso, melhorar a qualidade da água utilizada na piscicultura é de extrema importância reduzindo

assim o impacto ambiental, pois, os resíduos provenientes de um sistema de criação de peixes no meio ambiente, contribuem para o processo de eutrofização dos ecossistemas naturais, sendo a qualidade e quantidade do efluente gerado muito variável (ZANIBONI FILHO, 1997).

Nesse sentido, o uso de macrófitas aquáticas na recuperação de ambientes aquáticos e no tratamento de efluentes tem se expandido. No Brasil, tem se intensificado os estudos destas plantas como potencial fitorremediador de corpos hídricos contaminados, principalmente por metais pesados. Isso se deve ao seu rápido crescimento, alta absorção dos elementos disponíveis e elevada produção de biomassa (RODRIGUES, et al. 2016). Tendo isto em vista, Palma-Silva et al. (2012), examinaram a possibilidade de uso da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* na retirada de nutrientes em lagos eutrofizados. Os autores observaram que as concentrações de nutrientes na biomassa nos canais foram um pouco superiores aos valores encontrados na bibliografia, e que durante o período de crescimento experimental as concentrações de Nitrogênio e Fósforo aumentaram significativamente em um período de 60 dias. Segundo os autores, resultados obtidos confirmam a capacidade desta espécie em acumular nutrientes rapidamente, atuando como um importante compartimento nestes ambientes.

Pistori et al. (2010), testaram a influência do efluente de aquicultura sobre o crescimento de *Salvinia molesta* em uma represa não impactada e em outra represa impactada por lançamentos de efluentes de aquicultura durante nove meses. De acordo com os autores, os valores de temperatura, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, clorofila-a, nitrogênio total e fósforo total, foram superiores na represa impactada em todos os meses do estudo. As concentrações de nitrogênio e fósforo total na biomassa de *S. molesta* da represa impactada foram maiores do que as da represa não impactada, ao final do experimento. Diante disto, os autores concluíram que o lançamento de efluente da aquicultura modifica as características limnológicas da água da represa receptora. Foi possível concluir que crescimento de *Salvinia molesta* é favorecido pelo efluente de aquicultura, provavelmente devido ao aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo na água.

Sendo assim, o uso destas plantas pode ser uma alternativa para o tratamento de efluentes gerados pelas atividades da aquicultura, pois, algumas espécies de macrófitas aquáticas apresentam elevada capacidade em assimilar e estocar nutrientes, o que justifica suas altas taxas de produção primária e importante participação no fluxo de energia (FREITAS et al. 2009). Estas plantas possuem capacidade de remover, degradar e isolar substâncias tóxicas do ambiente podendo ser utilizadas como atenuadoras do processo de eutrofização dos corpos d'água (LIMA, 2005). Sua capacidade de purificação se dá devido a sua intensa absorção de nutrientes e seu rápido crescimento, além disso, podem ser removidas com facilidade do ambiente aquático. Diante disso, o uso de macrófitas aquáticas flutuantes para tratamento de efluentes gerados pela piscicultura pode ser uma alternativa eficiente para aquicultores com o intuito de minimizar impactos sobre ecossistemas aquáticos.

## METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Limnologia da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, campus Laranjeiras do Sul, no mês de novembro de 2017, sendo que as análises foram realizadas num período de 10 dias. A unidade experimental foi constituída por um sistema de recirculação composto por: nove caixas de produção (0,55m; 0,36m; 0,31m) com capacidade para 50L e uma caixa circular (0,64m altura; 0,54m diâmetro da base; 0,74m diâmetro da boca) com capacidade para 250L onde foram colocados os peixes. Deste sistema, 3 caixas receberam três réplicas da *Azolla sp.* e 3 caixas receberam três réplicas da *S. molesta*. As outras 3 caixas restantes foram compostas pelas duas espécies de macrófitas. Em cada caixa foi colocado 500g de macrófitas, sendo que a biomassa das duas espécies de macrófitas foi selecionada por tamanho e aparência similares. Na caixa circular com capacidade de 250L foram alocados 10 kg de biomassa de *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) segundo metodologia utilizada por Losordo (2000), que produziram o efluente enviado para as caixas menores.

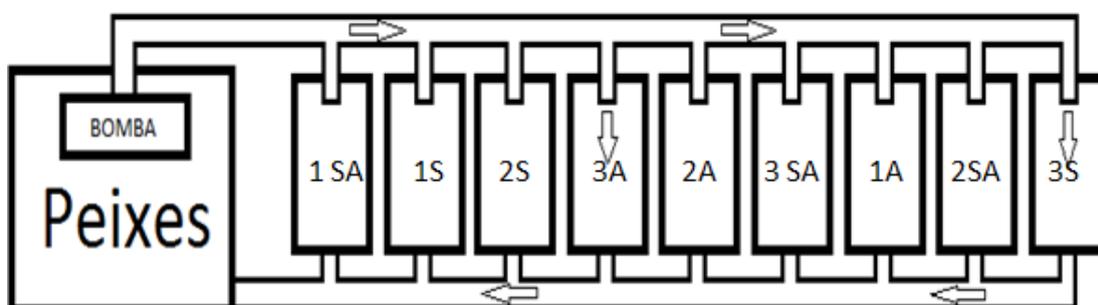
Foi utilizado sistema fechado havendo recirculação de água, com o auxílio de uma bomba alocada na caixa com os peixes. A água entrava ao mesmo tempo em cada caixa das macrófitas com uma vazão média de 14 l/h, proporcionando a renovação total a cerca de 2 dias. Após a água passar pelas caixas contendo as macrófitas, retornava para a caixa que continha os peixes. Em cada saída das caixas foi colocado um filtro para evitar que os sólidos retornassem para a caixa com os peixes. Os experimentos foram constituídos de três tratamentos e três réplicas para cada tratamento.

Foram utilizados juvenis de *Oreochromis niloticus* com peso médio de 30 gramas que foram alocados em caixa com capacidade para 250L sete dias antes do início do experimento para que houvesse aclimatação dos mesmos no ambiente. Foram alimentados diariamente até saciedade aparente (2 vezes ao dia) com ração comercial com 36% de proteína bruta de acordo com a exigência nutricional da espécie. Análises de temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade, nitrito e amônia foram realizadas após o início do experimento no período da manhã.

As variáveis temperatura da água e pH foram obtidas através da utilização do peagômetro digital. Oxigênio dissolvido foi obtido através do oxímêtro digital e a condutividade foi obtida através do condutímetro de bancada. Para as análises de água (amônia e nitrito), uma pequena amostra foi coletada e analisada com fotocolorímetro. As variáveis foram medidas no tanque onde os peixes estavam alocados e nas caixas que continham as macrófitas, após passagem da água nas mesmas.

Para verificar se houve diferença significativa entre os tratamentos *Azolla sp* e *Salvinia molesta* na absorção e redução de nutrientes da água, todos os dados obtidos foram tabulados e após Análise de Variância (ANOVA) através do programa BioEstat 5.0, um teste de hipóteses foi utilizado Teste de Tukey (Teste T).

Figura 1- Plano de instalação do sistema experimental



Legenda: A) *Azolla sp.*; S) *Salvinia molesta*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, os parâmetros amônia (Gráfico 1) e nitrito (Gráfico 2) não apresentaram alterações entre os tratamentos, o que pode ter ocorrido devido ao dimensionamento do sistema em relação ao tamanho das caixas que continham as macrófitas (*Azolla sp.* e *Salvinia molesta*) e conseqüentemente a alta densidade de estocagem dos animais no tanque de piscicultura.

De acordo com Pereira (2005), Inúmeros fatores interferem na qualidade da água, o que exige a realização de estudos detalhados dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem tanto em sistemas naturais quanto em artificiais.

A amônia apresenta-se em ambientes aquáticos na forma molecular amônia,  $\text{NH}_3$ , conhecida também como amônia não ionizada, e na forma iônica amônio,  $\text{NH}_4^+$ . A forma não-ionizada é muito mais tóxica que a iônica, certamente graças a sua capacidade de difusão através da membrana epitelial dos organismos aquáticos (SILVA, 2006). Os compostos nitrogenados ocorrem naturalmente no meio aquoso, entretanto, se as concentrações atingirem níveis elevados, pode afetar o crescimento ou provocar mortalidade dos organismos cultivados (CAMPOS, et al., 2012).

Mesmo que neste experimento, quando comparados todos os tratamentos, a amônia não tenha apresentado resultado significativo (Tabela 1), sabe-se que amônia na forma não-ionizada ( $\text{NH}_3$ ) e em concentração elevada pode prejudicar a transformação da energia dos alimentos em ATP, com isso inibindo o crescimento dos peixes e provocando a desaminação dos aminoácidos, o que, por sua vez, impede a formação de proteínas, elemento essencial no crescimento dos animais (CAVERO et al., 2004).

Segundo Kubitza (1999), florações de algas ocorrem porque fertilizantes nitrogenados amoniacais, como sulfato de amônia, nitrato de amônia, fosfatos e uréia, contribuem para o aumento da concentração de amônia na água.

Tabela 1- Tabela de valores de p ( $p < 0,05$ ) encontrados no teste de ANOVA

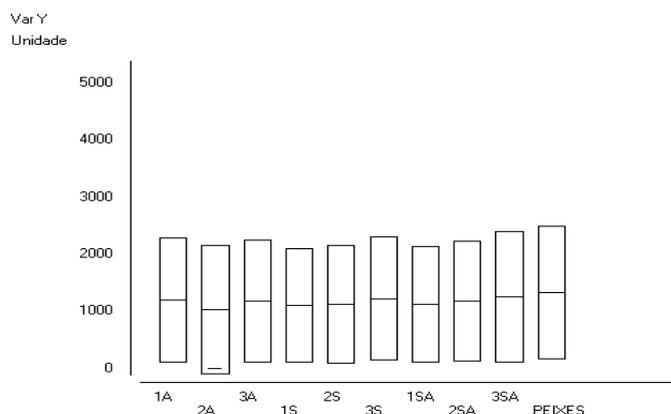
Variáveis	Valores de “p”
Amônia	0,996
Nitrito	0,1029
pH	0,4058
Condutividade	0,9892
Temperatura	0,0677
OD	<0,001 *

#### a) Amônia

Hussar (2008) desenvolveu um experimento para o tratamento de efluentes de piscicultura utilizando a macrófita aquática conhecida como aguapé (*Eichhornia crassipes*). O referido autor obteve uma remoção média de 82,9% para o nitrogênio amoniacal e uma redução média de 76,9% para o nitrogênio total.

Em sistema semelhante de tratamento de efluentes de piscicultura, Camargo (2005), utilizou a macrófita aquática (*Eichhornia crassipes*). O autor constatou uma remoção média de de 46,1% para o nitrogênio total. Diferente deste trabalho que não apresentou resultados significativos (Gráfico 1).

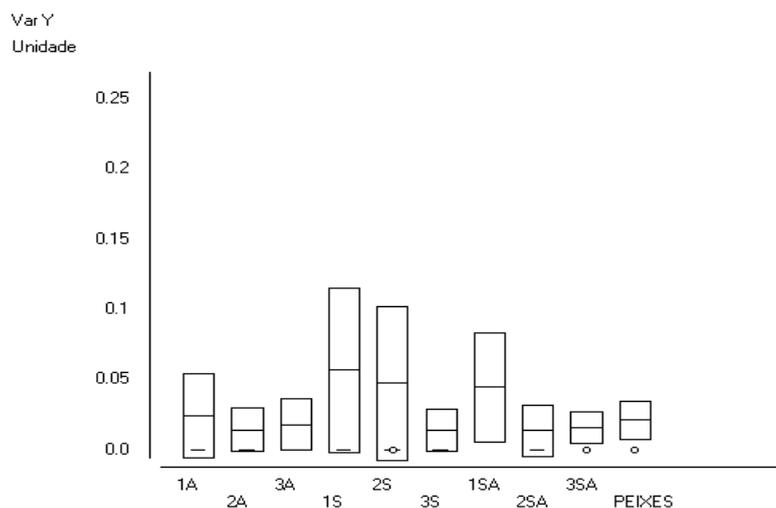
Gráfico 1 – Média e desvio padrão do comportamento da amônia no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída.



## b) Nitrito

Quando comparados todos os tratamentos, o nitrito não apresentou diferença significativa (Gráfico 2). Diferente dos resultados apresentados por Sales (2011), que trabalhou com o tratamento de resíduos de cervejaria usando duas espécies de macrófitas, *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. Para os compostos nitrogenados obteve taxa de redução de 31, 40% em relação ao nitrito para os tratamentos com *E. crassipes* e *P. estratiotes* respectivamente.

Gráfico 2 – Média e desvio padrão do comportamento do nitrito no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída.

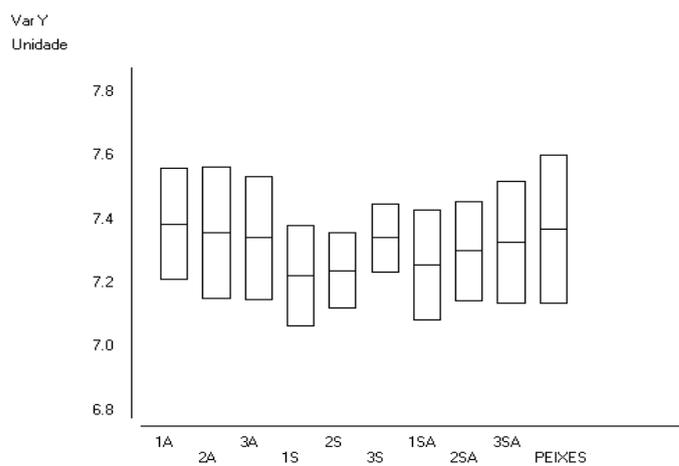


### c) pH

Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para a variável pH entre os tratamentos (Gráfico 3). Entretanto, no trabalho ora discutido, o pH dos tratamentos variou entre 7,1 e 7,4, assim sendo, o sistema operou com valores compatíveis com os recomendados e observados em experimentos realizados por outros pesquisadores.

A concentração de íons hidrogênio ou pH influencia muitas transformações bioquímicas, pois ela afeta o equilíbrio das formas de ácidos e bases ionizadas e não ionizadas, além de controlar a solubilidade de muitos gases sólidos (KADLEC & KNIGHT, 1996).

Gráfico 3 – Média e desvio padrão do comportamento do pH no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída

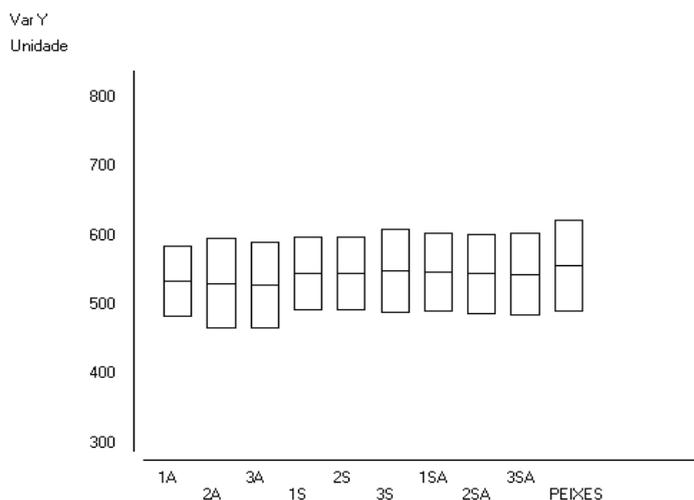


#### d) Condutividade

Quando comparados os tratamentos verificou-se que a condutividade não apresentou resultados significativos (Gráfico 4). Diferente dos resultados obtidos por Gentelini et al. (2008), que trabalhou com produção de biomassa das macrófitas aquáticas *E. crassipes* (aguapé) e *Egeria densa* (egeria), em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica. Para a condutividade elétrica, os tratamentos com o aguapé apresentaram os menores valores, sendo de 32,2, 34,2 e 34,5  $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ , para TDH de 12, 8 e 4 horas, respectivamente. Os valores encontrados para egeria foram 36,0, 36,8 e 37,7  $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ , para TDH de 4, 12 e 8 horas. Como a condutividade elétrica reflete a concentração de íons dissolvidos, o aguapé apresentou maior capacidade de absorção de íons, enquanto que para a egeria ocorreu um pequeno aumento na condutividade elétrica.

De acordo com Martins et al. (2007), a condutividade fornece informações sobre as condições do sistema, desde a disponibilidade de nutrientes, minerais orgânicos e também uma medida indireta da concentração de poluentes. Em águas naturais os valores de condutividade se apresentam na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$  e, em ambientes poluídos por esgoto doméstico ou industrial, os valores de condutividade podem chegar a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$  (BRIGANTE et al., 2003).

Gráfico 4 – Média e desvio padrão do comportamento da condutividade no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída.



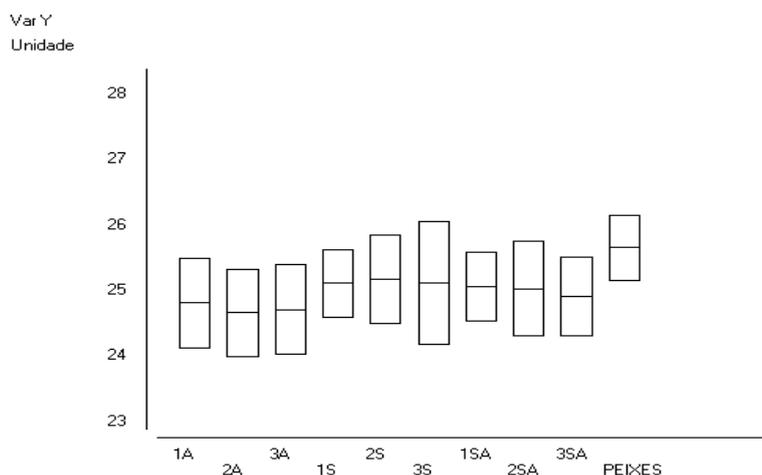
### e) Temperatura

Quando comparados os tratamentos verificou-se que a temperatura não apresentou resultados significativos mantendo-se na faixa média entre 24,5 e 25,5 °C (gráfico 5). Segundo Naime (2005), a temperatura das águas superficiais tem importante função na solubilidade dos sais e, sobretudo dos gases, na dissolução dos sais dissolvidos, na condutividade elétrica e na determinação do pH.

A temperatura é um parâmetro físico muito importante para a qualidade da água na piscicultura, pois por serem animais pecilotérmicos, os peixes não regulam sua temperatura do corpo (SUSSEL, 2008). Em vista disso, a temperatura ambiental tem um profundo efeito sobre o crescimento, a taxa de alimentação e o metabolismo destes animais (ARANA, 2004). Temperaturas acima ou abaixo da faixa ideal podem inibir o crescimento, além de favorecer a incidência de doenças.

Em temperaturas mais altas, peixes consomem mais alimentos e oxigênio, e em baixas temperaturas eles comem menos e diminuem o consumo de oxigênio (OSTRENSKY; BOEGER, 1998).

Gráfico 5 – Média e desvio padrão do comportamento da temperatura no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída.



## f) Oxigênio Dissolvido

Quando comparados os resultados das análises entre os tratamentos (*S. molesta* e *Azolla sp.*, *S. molesta*; *Azolla sp.*), para oxigênio pode-se constatar que houve diferença entre os tratamentos e o tanque dos peixes, conforme demonstrado na tabela 2.

O gráfico 6 ilustra o comportamento do oxigênio dissolvido, onde se pode observar que houve a redução entre os tratamento e uma diferença entre os tratamentos e o tanque de peixes. A média do nível e OD no tanque dos peixes foi de 5,37 mg/l, enquanto que no tratamento com *S. molesta* e *Azolla sp.* a média foi de 1,92 mg/l, no tratamento com *S. molesta* a média foi de 1,86 mg/l enquanto que no tratamento com *Azolla sp.* foi de 1,6 mg/l. Esta diferença entre os tratamentos pode ter ocorrido devido à diferença do fluxo da água entre as caixas, mesmo quando controlado e regulado diariamente.

Tabela 2- Tabela de valores de p ( $p < 0,05$ ) que apresentaram diferença significativa para OD encontrados no teste de ANOVA

Tratamentos	Valores de “p”
1 A ≠ 1 S A	0.0203
1 A ≠ Tanque de peixes	<0.001
2 A ≠ 1 S A	0.0120
2 A ≠ Tanque de peixes	<0.001
3 A ≠ 1 S A	0.0105
3 A ≠ Tanque de peixes	<0.001
1 S ≠ 3 S	0.0314
1 S ≠ Tanque de peixes	<0.001
2 S ≠ Tanque de peixes	<0.001
3 S ≠ 1 S A	0.0021
3 S ≠ Tanque de peixes	<0.001
1 S A ≠ 2 S A	0.0085
1 S A ≠ 3 S A	0.0179
1 S A ≠ Tanque de peixes	<0.001
2 S A ≠ Tanque de peixes	<0.001
3 A ≠ Tanque de peixes	<0.001

Legenda: S A) *Salvinia molesta* e *Azolla sp.* A) *Azolla sp.* S) *Salvinia molesta*

Segundo Wetzel (2001), as trocas gasosas com a atmosfera e a fotossíntese são os principais fornecedores de oxigênio para o corpo hídrico, sendo que temperaturas elevadas e diminuição da pressão atmosférica diminuem sua solubilidade. Além deste, outros fatores contribuem para a redução de oxigênio da água, tais como as perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos, processos de oxidação de íons metálicos e decomposição aeróbia (ESTEVES, 1988). Sendo assim, é possível se utilizar a concentração de oxigênio em um corpo hídrico como uma das variáveis para que se determine a qualidade da água, pois quanto menor a concentração de oxigênio dissolvido, maior será o nível de poluição do curso d'água, o que influencia de forma direta a biodiversidade aquática (PRADO, 1999).

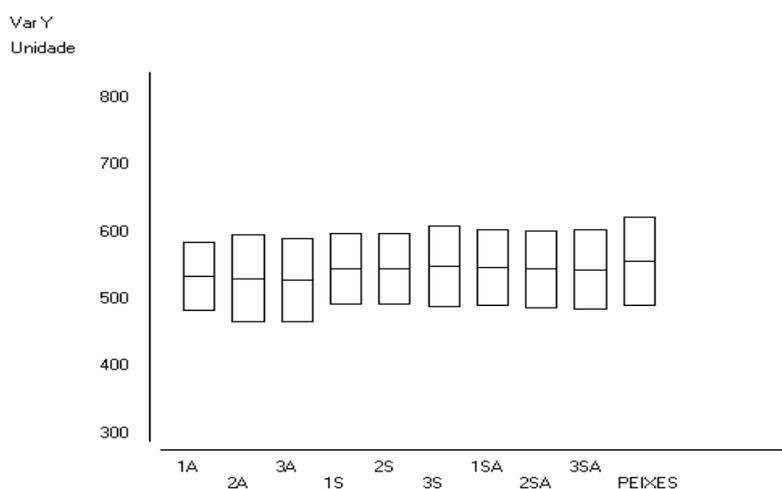
O sistema radicular das macrófitas utilizadas nos tratamentos encontravam-se submersas, assim sendo, para suprir a demanda respiratória dos tecidos radiculares, a planta pode através dos aerênquimas localizados nas folhas transportar o oxigênio até às raízes, caso o meio encontra-se anaeróbio (HUSSAR et al., 2005).

No caso de afluentes aeróbios, o oxigênio necessário ao sistema radicular é obtido do referido meio. No ambiente de cultivo, o nitrogênio pode sofrer um processo de oxidação biológica da amônia, a nitrificação (MALAVOLTA, 1976). Segundo Henry-Silva & Camargo (2008), a reduzida concentração de oxigênio dissolvido também está relacionada ao sombreamento da coluna d'água, que inibe o desenvolvimento fitoplanctônico, e à decomposição da matéria orgânica aderida ao sistema radicular das macrófitas aquáticas.

Com isso, pode-se presumir que esta redução na taxa de oxigênio dissolvido nos diferentes tratamentos do efluente, pode ser decorrente da respiração radicular, conseqüentemente dos processos de nitrificação, sombreamento da coluna d'água e à decomposição da matéria orgânica aderida ao sistema radicular da *Azolla sp.* e da *S. molesta*. Apesar de não satisfatórias as remoções e transformações obtidas nos tratamentos (SA; S; A) com diferença não significativa para as análises correspondentes às variáveis amônia ( $p = 0,996$ ), nitrito ( $p = 0,0203$ ), pH ( $p = 0,4058$ ), condutividade ( $p = 0,9892$ ), temperatura ( $p = 0,0677$ ), com exceção de OD que apresentou  $p < 0,001$ , mostra a necessidade de se aumentar a área superficial dos filtros contendo as macrófitas *Azolla sp.* e *S. molesta*, bem como promover o desenvolvimento por completo destas.

Os baixos níveis de OD eram esperados face à sua utilização por parte do sistema radicular das macrófitas, além da decorrência do processo de nitrificação ocorrido no sistema. Neste caso, é possível que esta situação seja contornada com o uso de mecanismos para a incorporação de oxigênio.

Gráfico 6 – Média e desvio padrão do comportamento do oxigênio dissolvido no tanque de piscicultura e nas caixas com macrófitas no sistema de saída.



## CONCLUSÃO

Pode-se considerar o uso de macrófitas aquáticas para o tratamento de efluentes de piscicultura de acordo com o sistema que será instalado. Os resultados obtidos sugerem a necessidade de se aumentar a área superficial dos filtros contendo as macrófitas aquáticas, bem como promover o desenvolvimento por completo das mesmas. Além disso, é necessário um maior período de tempo para o delineamento experimental para que desta forma, se possa avaliar a capacidade das macrófitas como fitorremediadoras no tratamento destes efluentes.

## REFERÊNCIAS

ARANA, L.V. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis, Ed. da UFSC, 2004, 231 p.

BARRETO, André Baxter. **A seleção de macrófitas aquáticas com potencial para remoção de metais-traço em fitorremediação.** 2011. 113 p. Dissertação (Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

Brabo, M.F., Pereira, L.F.S., Santana, J.V.M., Campelo, D.A.V. & Veras, G.C. (2016). Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura. *Acta Fish. Aquat. Res.*, 4(2): 50-58.

BRIGANTE, J.; ESPINDOLA, E. L. G. Limnologia fluvial – Um estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos: RiMa, 2003, 255p.

CAMARGO, A. F. M. Utilização de Plantas Aquáticas no Tratamento de Efluentes de Aquicultura. [http://www.unesp.br/propp/dir\\_proj/MeioAmb08.htm](http://www.unesp.br/propp/dir_proj/MeioAmb08.htm) Acesso em. mai. 2018.

CAVERO, Bruno Adan Sagratzki et al. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 5, p. 513-516, 2004.

DE FREITAS, Jakeline Marcela Azambuja et al. Produção De Biomassa De Macrófitas Aquáticas No Tratamento De Efluente Da Suinocultura. in: Seminário Internacional De Ciência, Tecnologia e Ambiente, 28 – 30 ., 2009, Cascavel. Anais. Paraná: UNIOESTE, 2009.

Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21621836/producao-de-tilapia-no-brasil-cresce-223-em-dez-anos> > Acesso em: 20 de setembro de 2017.

ESTEVEES, F.A. 1998. Fundamentos de Limnologia. *Interciência*, Rio de Janeiro. 602 pp.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Fishery Statistical Databases.2016. Disponível em: <[http://www.fao.org/fishery/statistics/global-captureproduction/en-  
www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en](http://www.fao.org/fishery/statistics/global-captureproduction/en-www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en). 2016> . Acesso em: 28 mai. 2018.

FURUYA, Wilson Massamitu et al. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1433-1441, 2005.

GENTELINI, André Luis et al. Produção de biomassa das macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Egeria densa* (egeria) em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, 2008.

GODFREY, P.J.; KAVNOR, F.R.; PELEZATSKII, S.; BENTORADO, J. (eds.) 1985. **Ecological considerations in wetland treatment of municipal waste waters**. Van Nostrand Reinhold Company, NY, 473 p.

HUSSAR, Gilberto José et al. Tratamento de efluente de piscicultura com macrófitas aquáticas flutuantes. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 274-285, 2008.

KLADDEC, R.H.; KNIGHT, R.L. **Treatment Wetlands**. Boca Raton: CRC Lewis Publishers, 1996. Cap. 1: Introduction to Wetlands for Treatment, p.3-18; Cap. 3: Natural Systems for Treatment, p. 31-43.

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

Kubitza, F., 2011. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: F. KUBITZA,. 2 ed.

LAMBERT, L. F. M.; SOARES, R. P. S.; SOUZA, S. C. O uso da fitorremediação para recuperação de solos contaminados por petróleo. In: **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/XI-065.pdf> < Acesso em. mai. 2018.

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 de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura), Departamento de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.

LIMA, M. R.; REISSMANN, C. B.; TAFFAREL, A.D. Fitorremediação com macrófitas aquáticas flutuantes. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (eds.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: SANEPAR/FINEP, 2005.

LOPES, Alessandra Cunha et al. Quantificação e contenção de compostos potencialmente poluentes provenientes da aquicultura moderna e suas origens. **Tópicos especiais em Ciência Animal VI**, p. 125, 2017.

LOSORDO M. T., HARRY W.; **System Carrying and Flow Estimation**, Elsevier –Amsterdam 2000.

MACEDO, C.F. e SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 2005 Comunidade planctônica em viveiros de criação de peixes com distribuição sequencial. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 31(1): 21-27.

MACEDO, Carla Fernandes; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 36, p. 149 – 163, 2010.

MACEDO, Carla Fernandes; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 36, p. 149 – 163, 2010.

MACHADO, Alexandre Tavares. **Sustentabilidade ambiental de um sistema de produção de peixes no município de Rolim de Moura – Rondônia**. 2015. 79 p. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Rondônia, Cocal, 2015.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1976, v. 1. Cap. 6: O nitrogênio. Cap. 7: O Fósforo. Cap. 8. O Potássio. Cap. 10. O magnésio. Cap. 11. O Enxofre. p. 203-324 e p. 375-410 .

MALDONADO, Alírio Coromoto Caboi; WENDLING, Beno. Manejo de ecossistemas aquáticos contaminados por metais pesados. **Agropecuária Técnica**, v. 30, p. 21–32, 2009.

MARTINS, Daniel Freitas Freire. **Influência espaço-temporal e fisiológica na absorção de nutrientes e elementos tóxicos por *Eichhorniacrassipes* visando o uso adequado da sua biomassa: o caso do Rio Apodi/Mossoró-RN**. 2009. 150 p. Dissertação (Mestre em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

MARTINS, Daniel Freitas Freire. **Influência espaço-temporal e fisiológica na absorção de nutrientes e elementos tóxicos por *Eichhornia crassipes***

**visando o uso adequado da sua biomassa: o caso do Rio Apodi/Mossoró-RN.** 2009. 150 p. Dissertação (Mestre em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

MASSAGO, Haluko et al. Crescimento de quatro linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus*. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 8, n. 4, p. 397-403, 2010.

NACA/FAO. 2000 Desenvolvimento da Aquicultura para Além de 2000: A Declaração de Bangucoque e Estratégia. Conferência sobre Aquicultura no Terceiro Milênio, 20-25 de fevereiro de 2000, Bangucoque Tailândia.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da Qualidade da água do Arroio Portão, RS. Instituto de Geociências, UFRGS, Pesquisa em Geociências, 32. Porto Alegre – Brasil, 2005.

OLIVEIRA, Débora Monteiro, *et al.* **Fitorremediação: o estã da arte.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, V. Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de Manejo. Guaíba: Agropecuária, 1998.

PALMA-SILVA, Cleber, *et al.* Uso de *Eichhornia crassipes*(mart.) solms para fitorremediação de ambientes eutrofizados subtropicais no sul do Brasil. **Perspectiva**, Erechim, v. 36, p. 73-81, mar/2012.

PEREIRA, Lilian Paula Faria; MERCANTE, Cacilda Thais Janson. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. B. Inst. Pesca, São Paulo, v. 31, p. 81 - 88, 2005.

PISTORI, Raquel Eduarda Trevisan; HENRY-SILVA, Gustavo Gonzaga; BIUDES, José Francisco Vicente and CAMARGO, Antonio Fernando

Monteiro. Influência do efluente de aquicultura sobre o crescimento de *Salvinia molesta*. *Acta Limnol. Bras.* v. 22, n.2, p.179-186, 2010.

PRADO, R. B. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: estudo no médio rio Pardo – SP (período de 1985 a 1997). 209 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1999.

RODRIGUES, Ana Carolina D. et al. Mecanismos de respostas das plantas à poluição por metais pesados: Possibilidade de uso de macrófitas para remediação de ambientes aquáticos contaminados. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 1, p. 262-276, 2016.

Rubim, M. A. L. 2004. Estudos ecológicos das espécies de macrófitas aquáticas *Salvinia molesta* Mitchell e *Pistia stratiotes* L.: Taxa de crescimento e ciclagem de nutrientes. UNESP, Rio Claro. 114 p. Dissertação (Doutorado).

SALES, Cristina Viana et al. Uso de duas espécies de macrófitas aquáticas, *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* em tratamento de resíduos de cervejaria na cidade de Toledo/PR. 2011.

SANTOS, Cristiano Figueiredo; NOVAK, Elaine. Plantas nativas o cerrado e possibilidades em fitorremediação. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 7, jul. 2013.

SCIVITTARO, W. B.; DA SILVA, C. A. S.; REIS, J. C. L. “Racionalização da aplicação de fertilizante nitrogenado na produção de arroz irrigado”. Comunicado Técnico 200, ISSN 1806-9185 Dezembro Pelotas, RS 2008.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia - SP. **Química Nova**, v.29, p. 689-694, 2006.

SOUZA, Antônio Fábio Lopes de Euclides; VASCONCELOS, Luis Queiroz. Utilização da macrófita aquática flutuante *Pistiastratiotes* no tratamento de efluentes de piscicultura no estado do Amazonas. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 10, p. 926-932, dez, 2016.

SUSSEL, F. R. Alimentação na criação de peixes em tanque-rede. **APTA (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios)**, Assis, SP, 2008.

VALENTINI, W.C. 2000 Aquaculture for sustainable development. In: **VALENTI, W.C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGUETTI, J.R.** Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. Brasília: CNPq/ Ministério da Ciência e Tecnologia.

VIEIRA, Vanessa Petronilo et al. Avaliação do desempenho produtivo de linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em Maringá-PR. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 3, n. 3, p. 19-26, 2005.

WETZEL, R. G. **Limnology**. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.  
ZANIBONI FILHO, Evoy; BARBOSA, Norma Dulce Campos; GONCALVES, Sônia Ramos Gonçalves. Caracterização e tratamento do efluente das estações de piscicultura., 1997. **Revista UNIMAR**, v. 19, p. 537-548, 1997.