



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

GABRIEL ARTUR BEZERRA

**ANÁLISE DE QUALIDADE DE ÁGUA NA RECRIA DE TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMAS BIOFLOCOS E RECIRCULAÇÃO DE
ÁGUA**

LARANJEIRAS DO SUL

2018

GABRIEL ARTUR BEZERRA

**ANÁLISE DE QUALIDADE DE ÁGUA NA RECRIA DE TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMAS BIOFLOCOS E RECIRCULAÇÃO DE
ÁGUA**

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

Orientador: Prof. Dr. Marcos Weingartner

LARANJEIRAS DO SUL

2018

PROGRAD/DBIB – Divisão de Bibliotecas

Bezerra, Gabriel Artur

Análise de qualidade de água na recria de tilápia do nilo
(*Oreochromis niloticus*) em sistemas bioflocos e recirculação de água /
Gabriel Artur Bezerra. – 2018.

29 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Weingartner

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal
da Fronteira Sul, Curso de Engenharia de Aquicultura, Laranjeiras do
Sul, PR, 2018.

1. Aquicultura. 2. Tilapicultura. 3. Qualidade de água. I.
Weingartner, Marcos, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul.
III. Título

GABRIEL ARTUR BEZERRA

**ANÁLISE DE QUALIDADE DE ÁGUA NA RECRIA DE TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMAS BIOFLOCOS E RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

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

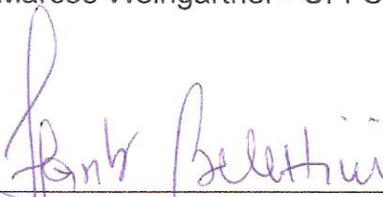
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

06 / 12 / 2018

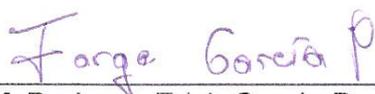
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcos Weingartner - UFFS



Dr. Frank Belettini



Prof. Dr. Jorge Erick Garcia Parra

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que sempre me incentivaram e apoiaram em todas as etapas da minha vida.

Ao professor Dr. Marcos Weingartner, pela amizade, orientação, parceria e todo o conhecimento transmitido.

A Dara Cristina Pires, pode sempre estar ao meu lado, apoiando-me em tudo que faço.

A Universidade Federal da Fronteira Sul, pela oportunidade, ajuda e pelos ensinamentos passados.

Aos professores, Dr. Luciano Tormen e Dr. Silvia Romão, pelo conhecimento transmitido e auxílio nas análises do experimento.

A banca examinadora, Dr. Frank Belettini e Dr. Jorge Erick Garcia Parra, por aceitarem o convite e contribuírem nessa importante etapa da graduação.

Aos meus colegas Igor Gonçalves Andrade, América Guizzo, Robimar Pereira e demais colegas de curso, que de alguma forma contribuíram para minha formação.

A Lucas Fabrício e Richilheu Casagrande pela ajuda com a ração e os juvenis de tilápia.

A todos que passaram pela minha vida e contribuíram para esse momento.

RESUMO

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de peixe pesquisada e produzida em todo o mundo, pois possui características que destacam-na na aquicultura. O Sistema de Recirculação de Água (RAS), é um sistema intensivo que, através de diversos tratamentos pode fazer o efluente aquícola retornar ao sistema, como água limpa, necessitando repor perdas por evaporação. O Sistema de Bioflocos (BFT) visa o equilíbrio de uma densa comunidade microbiana, onde estes micro-organismos formam agregados que melhoram a qualidade de água e ainda podem servir de alimento. Utilizando o mínimo de renovação de água, ambos os sistemas podem se manter sustentáveis por longos períodos. Devido os dois sistemas possibilitarem altas densidades de cultivo, o controle das variáveis de qualidade de água determinam o sucesso da atividade, demandando investimentos na produção e a presença de profissionais qualificados. O trabalho foi realizado no laboratório de Piscicultura da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Laranjeiras do Sul, com o objetivo de avaliar o sistema mais eficiente, realizando análises periódicas da qualidade de água. Foram utilizados 270 juvenis de tilápia, divididos em 18 caixas de 50 L, os animais foram alimentados com rações contendo diferentes concentrações proteicas (28, 33, 38%), com três repetições cada, visando observar-se a capacidade de nitrificação nos sistemas. Foram realizadas análises de variância multifatorial (ANOVA), teste de normalidade e se necessário o teste de Tukey. Através deste trabalho, mesmo com a mortalidade, foi possível observar que ambos os sistemas, tiveram êxito em manter as variáveis de qualidade de água em níveis aceitáveis para a espécie.

Palavras-chave: aquicultura, tilapicultura, RAS, BFT, qualidade de água.

ABSTRACT

The Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is a species of fish researched and produced all over the world, because it has characteristics that stand out in aquaculture. The Recirculating Aquaculture System (RAS) is an intensive system that, through various treatments, can make aquaculture effluent return to the system, like clean water, needing to recover losses by evaporation. Biofloc Technology (BFT) aims at balancing a dense microbial community, where these microorganisms form aggregates that improve water quality and can still serve as food. By using minimal water renewal, both systems can remain sustainable for long periods. Because the two systems enable high crop densities, the control of water quality variables determines the success of the activity, requiring investments in production and the presence of qualified professionals. The work was carried out at the Fisheries Laboratory of the Federal University of Southern Frontier - *campus* Laranjeiras do Sul, with the objective of evaluating the most efficient system, performing periodic water quality analyzes. A total of 270 juveniles of tilapia, divided into 18 boxes of 50 L, were fed the diets containing different protein concentrations (28, 33, 38%), with three replicates each, aiming to observe the nitrification capacity in the systems. Multivariate analysis of variance (ANOVA), normality test and if necessary the Tukey test were performed. Through this work, even with mortality, it was possible to observe that both systems succeeded in keeping the water quality variables at acceptable levels for the species.

Key words: aquaculture, tilapicultura, RAS, BFT, water quality.

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1- Protocolo para maturação do bioflocos para 200L de água de clorada.

Tabela 2- Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros químicos e físicos da água de criação de juvenis de tilápia do nilo em sistema RAS e BFT durante 51 dias de período experimental.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1- Caixa d'água de 250 L com bioflocos em maturação.

Figura 2- Representação dos sistemas bioflocos, RAS e a porcentagem de proteína presente na ração de cada tratamento.

Figura 3- Caixas do experimento.

Figura 4- Oscilação da alcalinidade em sistemas RAS e BFT na criação de juvenis de tilápia.

Figura 5- Oscilação da dureza em sistemas RAS e BFT na criação de juvenis de tilápia.

Figura 6- Oscilação da amônia em sistemas RAS e BFT na criação de juvenis de tilápia.

Figura 7- Oscilação do nitrito em sistemas RAS e BFT na criação de juvenis de tilápia.

Figura 8- Oscilação do nitrato em sistemas RAS e BFT na criação de juvenis de tilápia.

LISTA DE SIGLAS

RAS – Sistema de recirculação de água

BFT- Biofloc Technology System

Kg - quilograma

m³- metro cúbico

L- litros

g- gramas

mg/L- miligrama por litro

mL/L- mililitros por litro

° C- Graus Celcius

PB – Proteína Bruta

LISTAS DE SÍMBOLOS

% porcentagem
± desvio padrão

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5 CONCLUSÃO.....	25
6 REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

Em 1970, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi introduzida no Brasil, essa espécie é pesquisada e produzida em todo o mundo, pois possui características zootécnicas interessantes para a piscicultura. A tilápia é uma espécie onívora, de clima tropical, o que possibilita seu cultivo em diversas regiões do Brasil. Também, devido a sua rusticidade e fácil manejo reprodutivo, possibilitou sua rápida expansão na produção brasileira, sendo sua produção mais comum em tanques escavados e tanques-rede (SEBRAE, 2014). Entretanto, os sistemas convencionais (tanques escavados e tanques-rede) geram muitos efluentes e demandam muita água.

A aquicultura brasileira está em constante expansão e cada vez mais buscando a sustentabilidade dos sistemas aquícolas, logo inviabilizando empreendimentos que não tomem medidas para reduzir esse impacto. A aquicultura libera grandes cargas de resíduos orgânicos nos efluentes, logo gerando problemas ambientais nos ecossistemas aquáticos (EMBRAPA, 2014). Há muitos anos, alguns países asiáticos não permitem a implantação de sistemas aquícolas sem recirculação de água (LIAO, 1992).

Visando aumentar a produtividade, técnicas mais intensivas podem ser aplicadas a tilapicultura, como sistema de recirculação de água (RAS) e o sistema bioflocos (BFT), que utilizam menos água e ainda mantêm a sua qualidade.

De acordo com a região onde a tilápia é cultivada, é possível verificar diferenças na produtividade, pois os peixes têm o metabolismo regulado pela temperatura da água, logo regiões com temperaturas mais elevadas, como a Nordeste, tem ciclos de produção mais curtos que a Sul, podendo ocorrer diferença de dois meses para atingir a mesma biomassa (SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017). Desta forma, o controle da temperatura permite aumentar a produção de peixes, sendo os sistemas de criação em alta densidade os mais eficientes nesta situação.

O RAS, é um sistema de criação onde o efluente da piscicultura é destinado a diversos tratamentos como a decantação de sedimentos, filtragem mecânica e biológica, onde no final do processo a água pode retornar ao sistema, necessitando repor apenas perdas por evaporação (AZEVEDO *et al.*, 2014).

O decantador precipita sólidos sedimentáveis do sistema, como resto de alimentos e fezes. Os filtros do sistema são divididos em dois tipos, mecânico e biológico. O filtro mecânico é responsável por retirar as partículas não sedimentáveis da água, já o biológico tem a função de retirar os compostos nitrogenados, utilizando bactérias nitrificantes. O sistema também necessita repor o oxigênio consumido pelos peixes e micro-organismos do filtro biológico, logo necessitando de um sistema de aeração (CREPALDI *et al.*, 2006).

Segundo Klinger e Naylor (2012), a combinação dos fatores que o RAS proporciona permite manter um fluxo constante de água de boa qualidade, possibilitando cultivos em altas densidades. Entretanto, Cash (1994) afirma que os gastos com esse sistema podem diminuir sua rentabilidade, uma vez que a demanda de energia e manutenção é superior aos cultivos tradicionais, mas a economia de água e a sustentabilidade do RAS é superior, pois o sistema permite controle total do ambiente interno, logo uma produtividade constante e segura.

O controle sanitário é um ponto forte do sistema RAS, pois permite o controle e observação de competidores, predadores e qualquer adversidade que poderia afetar os animais. Outra vantagem é o uso de terra do sistema, ao contrário dos convencionais, o RAS necessita de pequenas áreas.

Em 1970 no Ifremer – COP (Instituto Francês para a Exploração do Mar, Centro do Oceano Pacífico) foi desenvolvido o *Biofloc Technology* (BFT), testando o sistema para diversas espécies de peneídeos inclusive o *Litopenaeus vannamei*. Posteriormente, nos anos 90, no Waddell Mariculture Center, várias pesquisas foram desenvolvidas, com o *L. vannamei* e a tilápia, visando diminuir os impactos ambientais gerados pela aquicultura (EMERENCIANO *et al.*, 2012).

O BFT visa o equilíbrio de uma densa comunidade microbiana através da relação C:N do sistema, onde estes micro-organismos formam agregados, denominados bioflocos. Utilizando o mínimo de renovação de água o sistema pode ser manter sustentável por longos períodos, pois as bactérias do sistema utilizam restos de ração, fezes e compostos nitrogenados como fonte de energia (KUBITZA, 2011).

Os flocos do sistema ficam dispersos na coluna d'água, podendo servir como fonte de alimento secundária aos animais cultivados no sistema

(AVNIMELECH, 2007). O que torna este alimento vantajoso para a aquicultura é a sua concentração proteica, podendo chegar a 50% de proteína bruta, assim possibilitando reduções na frequência alimentar e economia para o produtor (AZIM e LITTLE, 2008).

Devido o sistema de bioflocos possibilitar altas densidades de cultivo, o controle das variáveis de qualidade de água é fundamental para o sucesso da atividade, demandando investimentos no setor e a presença de profissionais qualificados.

Diversas variáveis de qualidade de água são de importância para a aquicultura, dentre as quais podemos destacar o pH, que é um indicador da concentração de íons de hidrogênio ($[H^+]$) na água, sendo expressa numa escala de 0 a 14, onde 0 representa o mais ácido e 14 o mais básico.

A alcalinidade é a medida da concentração de $CaCO_3$ (carbonato de cálcio) em mg/L, substâncias presentes na água que são capazes de neutralizar ácidos.

A amônia é o principal produto do metabolismo dos peixes, resultado do catabolismo de proteínas (FRENCH *et al.*, 2000), mas também da degradação de proteínas pela atividade microbiana em sistemas aquícolas. A amônia pode ser encontrada de duas formas, íon amônio (NH_4^+) e amônia não ionizada (NH_3), em um equilíbrio que pode ser influenciado pelo pH, temperatura e salinidade (KUBITZA, 2003).

O nitrito (NO_2^-) no ambiente aquático surge do metabolismo das bactérias nitrificantes, que oxidam a amônia que existe na água. Segundo Arana (2004), o nitrito dentro do organismo dos peixes pode incapacitar a hemoglobina de transportar oxigênio, logo sendo letal mesmo em baixas concentrações.

O nitrato (NO_3^-) surge após a degradação do nitrito, sendo o produto final do processo da nitrificação, por isso tende a acumular-se nos sistemas. O nitrato é o menos tóxico dos resíduos nitrogenados e seu controle pode ser feito através da troca parcial da água (CROW, 2004).

Visando menor consumo dos recursos hídricos e o aumento da produtividade de alimentos de forma mais ambientalmente amigável, é de fundamental importância a contínua pesquisa sobre esses sistemas de cultivo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Comparar a qualidade de água dos sistemas de criação BFT e RAS na recria de tilápia, alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar qual sistema de criação consegue manter as variáveis de qualidade de água em níveis adequados para juvenis de tilápia;
- Analisar as variáveis de qualidade de água sob o efeito dos diferentes níveis de proteína das dietas;
- Avaliar comparativamente os sistemas e determinar o mais eficiente na criação de juvenis de tilápia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Kubitzka (2011), a tilápia do Nilo possui uma faixa de conforto térmico que pode variar de 27 a 32 °C, no entanto, Lima *et al.* (2015) relataram que em temperaturas até 23 °C o consumo alimentar não foi afetado.

A tilápia é uma espécie que aceita diversos sistemas de criação, com as mais diversas densidades de estocagem. Entre os sistemas de alta densidade de estocagem se destacam o RAS e BFT. Ambos os sistemas têm necessidade de total controle de qualidade de água, com cuidados diretamente proporcionais a densidade de estocagem utilizada. A densidade de estocagem tende a afetar a qualidade de água, em BFT. Azim e Little (2008) verificaram variação na alcalinidade, em função da densidade de estocagem de tilápias, que teve a alcalinidade inicial de 150 mg/L e, após 128 dias de manejo, observaram que em densidades de 15, 30 e 45 px/m³ a alcalinidade chegou a 105, 82 e 68 mg/L respectivamente, logo demonstrando o consumo de CaCO₃ no sistema. A diminuição na concentração de carbonato de

cálcio ocorreu devido à presença de bactérias heterotróficas no sistema, onde o consumo dessa substância faz parte do seu metabolismo. Logo em cultivos mais prolongados e com maiores densidades, existe a necessidade de repor o carbonato de cálcio.

Utilizando rações com diferentes concentrações proteicas, Santos *et al.* (2016) realizaram um experimento com tilápias do Nilo em sistema bioflocos, onde os compostos nitrogenados (amônia total, nitrito e nitrato) não apresentaram efeito tóxico no sistema.

A concentração de proteína bruta na ração, foi responsável por aumentar o volume de sólidos sedimentáveis em 11% a cada 1% de proteína a mais na ração. Apesar de não haver diferença significativa para a amônia total entre os diferentes tratamentos, houve tendência de maiores valores para os tratamentos com os maiores teores de proteína bruta (PB) na ração, o que pode estar relacionado com o catabolismo proteico e, dessa forma, interferindo no crescimento de alguns micro-organismos e incrementando o volume de bioflocos (SANTOS, 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Laranjeiras do Sul/PR, nos meses de julho a setembro, durante 51 dias. Foram utilizados 270 juvenis de tilápia, 15 peixes de aproximadamente 2 g por caixa, totalizando 18 caixas plásticas de 50 L. Os juvenis foram adquiridas através de produtores comerciais da região.

O sistema de bioflocos necessitou de 40 dias para sua maturação, esse processo ocorreu em uma caixa d'água plástica de 250 L (Figura 1). Para a maturação do sistema bioflocos foram adicionados nitrato de sódio, carbonato de cálcio, fonte de carbono (açúcar e melaço) e ração comercial (Tabela 1), o que propiciou a proliferação de bactérias nitrificantes e heterotróficas. A alcalinidade da água foi mantida em 150 mg CaCO₃/L utilizando bicarbonato de sódio. A metodologia deste experimento foi baseada em vídeos via digital e a participação do acadêmico no minicurso, que ocorreu em 2017, sobre bioflocos na cidade de Palotina/PR.

Figura 1. Caixa d'água de 250 L com bioflocos em maturação.



Fonte: BEZERRA, 2018.

Tabela 1. Protocolo de maturação do bioflocos para 200 L de água.

Dias	Açúcar	Melaço	Ração	Nitrato de Sódio
1º	12 g	14 g	60 g	0,6 g
3º	12 g	14 g	60 g	0,6 g
5º	12 g	14 g	60 g	
8º	12 g	14 g	60 g	
11º	12 g	14 g	60 g	

Fonte: BEZERRA e PIRES, 2018.

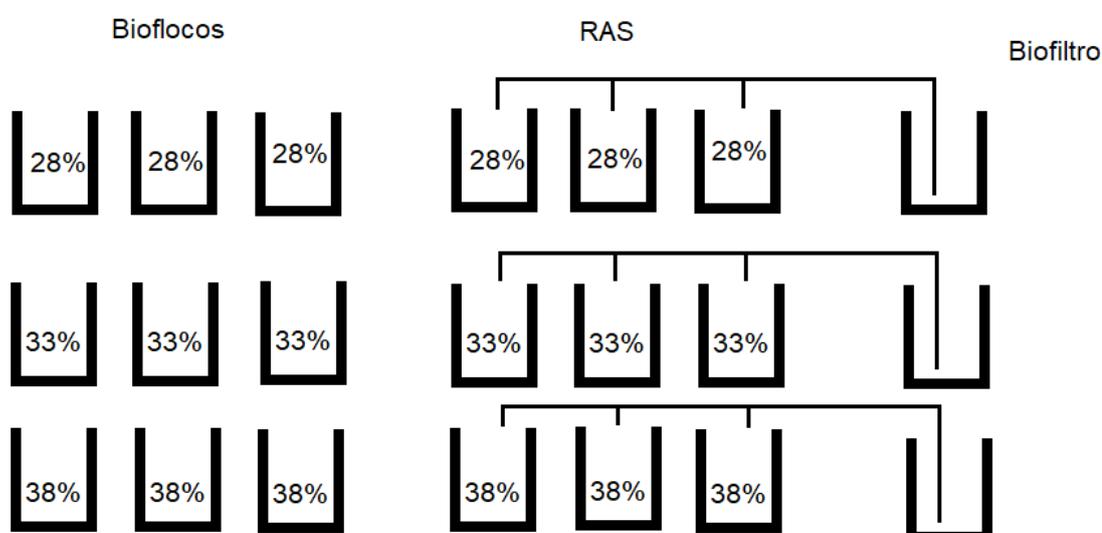
Quando o sistema de bioflocos amadureceu, foi repicado para uma caixa de 500 L, e após uma semana ocorreu o abastecimento para 9 caixas de 50 L.

A fim de avaliar a capacidade dos sistemas em manterem a qualidade de água, foram delineados três tratamentos com três repetições para cada sistema, bioflocos e RAS, fornecendo rações comerciais com diferentes concentrações de proteína (28%, 33% e 38%), a fim de verificar a capacidade de cada sistema em assimilar os compostos nitrogenados oriundos das rações com os diferentes níveis

de PB. A escolha das concentrações proteicas, foi de acordo com o nível ideal (36%) relatado na literatura (NETO, *et al*, 2016) e também com a disponibilidade da mesma, os níveis abaixo do ideal foram utilizados para verificação dos possíveis efeitos da suplementação alimentar do sistema bioflocos. A ração com 33% de proteína bruta foi obtida através da mistura das rações com 28% e 38% de PB.

No sistema de recirculação (RAS) foram utilizados três baldes adicionais de 20 L, um balde para cada tratamento, que serviram como filtro (Figura 2 e 3) mecânico e biológico. A individualização dos filtros para cada tratamento foi feito, com intuito de realçar as possíveis diferenças nas variáveis de qualidade de água, que utilizaram diferentes níveis de proteína na dieta. Os filtros biológicos foram montados com substrato para desenvolvimento das bactérias, sendo o substrato composto por mangueiras de PVC conduíte de 20 mm cortadas em pedaços de aproximadamente dois centímetros com volume de 18 litros de substrato para cada filtro. Para o filtro mecânico, utilizado para filtragem de partículas, foi utilizado uma manta de *bidim*, o qual era trocada diariamente.

Figura 2. Representação dos sistemas bioflocos, RAS e a porcentagem de proteína presente na ração de cada tratamento.



Fonte: BEZERRA, 2018

Figura 3. Caixas do experimento.



Fonte: BEZERRA, 2018.

Para regular a temperatura do experimento foi utilizado o ar-condicionado do laboratório, 15 termostatos do tipo palito e um aquecedor a óleo para o ambiente, pois o experimento ocorreu durante o inverno.

A fim de verificar as diferenças na manutenção da qualidade de água entre RAS e BFT, foram analisados a cada 3 dias, amônia, nitrito, nitrato, pH, alcalinidade, dureza, a temperatura e oxigênio dissolvido foram medidas diariamente e os sólidos sedimentáveis foram mensurados semanalmente.

A variável amônia foi analisada utilizando o kit indotest Alfakit adaptado para microplaca com uso de curva padrão de cloreto de amônia em espectrofotometria. O nitrito foi mensurado utilizando o alpha method 4500 (STANDARD METHODS, 1992) adaptado para espectrofotometria em microplaca. O nitrato presente no sistema, foi determinado adaptando, para microplaca, o método de Miranda et al. (2001) utilizando espectrofotômetro. O pH foi analisado utilizando o pHmetro digital presente no laboratório. A alcalinidade e dureza foram analisadas através do método titulométrico (STANDARD METHODS, 1992). O oxigênio dissolvido e a temperatura foram verificados utilizando um oxímetro digital. Os sólidos sedimentáveis foram medidos com auxílio do cone de Imhoff.

Os dados referentes aos compostos nitrogenados, amônia, nitrito e nitrato, foram submetidos a análise estatística. Quando os dados apresentaram distribuição normal, foi utilizado ANOVA seguido do teste de separação de média Tukey. Quando os dados não apresentaram distribuição normal, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal Wallis seguido do teste de separação de médias de Tukey. Todos os testes foram executados ao nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Duas semanas após o início do experimento, ocorreu uma crescente mortalidade no sistema bioflocos, onde posteriormente foram descartadas sete caixas, três do tratamento 33%, duas do 28% e duas do 38% de proteína bruta.

As análises físicas e químicas de qualidade de água, tiveram variações dentro do aceitável para a espécie (Tabela 2), com exceção da temperatura, devido a queda de temperatura ambiental, mas não o suficiente para causar mortalidades, pois segundo Ostrenski e Boeger (1998) temperaturas superiores a 14°C não ocasionam mortalidade em tilápias. A temperatura mínima foi de 18,66 °C e a máxima de 31°C. O oxigênio manteve-se ótimo durante o experimento, tendo valor mínimo de 5,7 mgO₂/L, onde valores acima de 4 mgO₂/L já são considerados ideais (OSTRENSKI E BOEGER, 1998). O pH durante esse período ficou estável e com um valor médio de 7,7 para o RAS e 8,2 para o bioflocos, esses valores são considerados satisfatórios para o desenvolvimento dos peixes (BOYD, 1997) e a diferença entre os sistemas ocorreu devido à necessidade de serem mantidos altos valores de alcalinidade no sistema BFT.

Os valores de alcalinidade e dureza, no sistema de recirculação foi de aproximadamente 40 e 70 mgCaCO₃/L respectivamente, já no bioflocos foi obtido 100 e 150 mgCaCO₃/L respectivamente (Figuras 4 e 5). Essa diferença na concentração de carbonato de cálcio dos sistemas é devido ao fato que estes sistemas funcionam de maneira diferente, o bioflocos necessita de maiores concentrações de CaCO₃ na água, para que as bactérias do ciclo do nitrogênio possam transformar amônia em nitrito e nitrito em nitrato. Essa necessidade também está ligada ao acúmulo de matéria orgânica nos sistemas, resultante das sobras de

ração e fezes, pois o bioflocos não tem filtro, logo apenas o RAS tem a possibilidade da retirada de fezes e sobras de ração.

Tabela 2. Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros químicos e físicos da água de criação de juvenis de tilápia do nilo em sistema RAS e BFT durante 51 dias de período experimental.

Variáveis	Tratamentos: RAS			Tratamentos: BFT		
	PB 28%	PB 33%	PB 38%	PB 28%	PB 33%	PB 38%
Temperatura (°C)	25,36 \pm 1,8	25,07 \pm 1,89	24,83 \pm 1,68	23,98 \pm 1,73	23,66 \pm 1,64	24,32 \pm 1,67
Oxigênio (mg/L)	8,03 \pm 0,66	7,76 \pm 0,55	7,99 \pm 0,56	7,91 \pm 0,61	7,84 \pm 0,59	7,74 \pm 0,57
pH	7,87 \pm 0,1	7,73 \pm 0,15	7,48 \pm 0,55	8,27 \pm 0,11	8,21 \pm 0,12	8,2 \pm 0,07
Dureza (mg/L)	66,25 \pm 5,14	70,75 \pm 7,25	70,06 \pm 8,13	139,75 \pm 15	151,48 \pm 14,32	155,05 \pm 6,89
Alcalinidade (mg/L)	42,3 \pm 5,55	38,53 \pm 7,62	34,96 \pm 7,71	83,36 \pm 13,65	101,25 \pm 9,23	105,89 \pm 25,27
Amônia total (mg/L)	0,33 \pm 0,14 ^a	0,24 \pm 0,01 ^a	0,27 \pm 0,1 ^a	0,83 \pm 0,69 ^b	0,71 \pm 0,64 ^b	0,66 \pm 0,45 ^b
Nitrito (mg/L)	1,01 \pm 0,82 ^a	1,26 \pm 1,15 ^a	1,42 \pm 1,28 ^{ab}	1,35 \pm 1,55 ^{ab}	2,12 \pm 2,31 ^b	2,25 \pm 2,55 ^b
Nitrato (mg/L)	15,65 \pm 5,84 ^a	25,71 \pm 9,97 ^a	28,93 \pm 13,14 ^a	229,46 \pm 79,74 ^b	231,12 \pm 62 ^b	211,23 \pm 74,02 ^b

Letras na mesma linha indicam diferença estatística significativa.

Amônia e nitrato – teste de variância de Kruskal Wallis e teste de separação de médias Tukey, nível de significância 5%.

Nitrito - teste de variância ANOVA e teste de separação de médias Tukey, nível de significância 5%.

Figura 4. Oscilação da alcalinidade em sistemas RAS e BFT na criação de juvenis de tilápia.

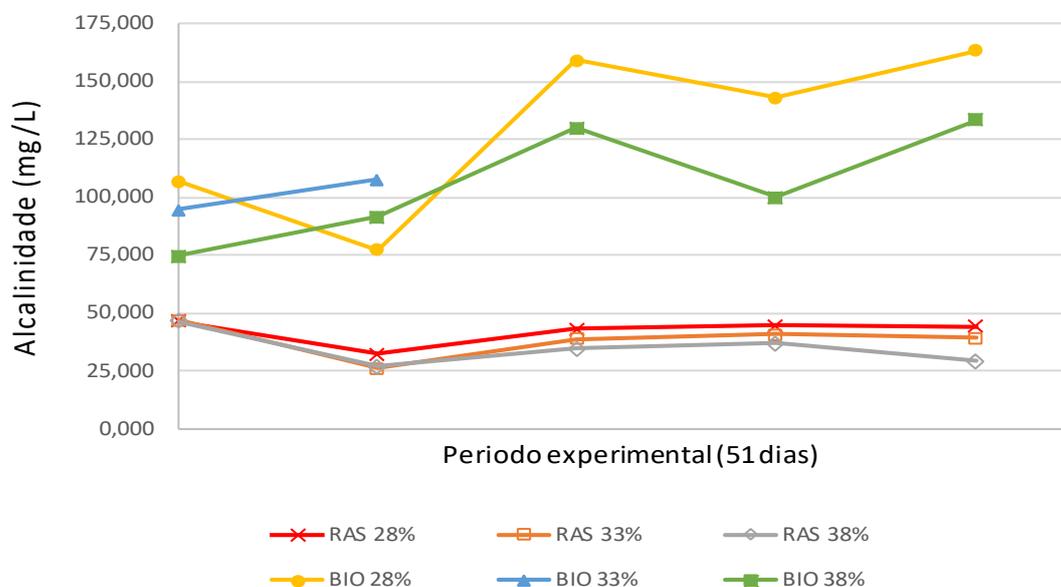
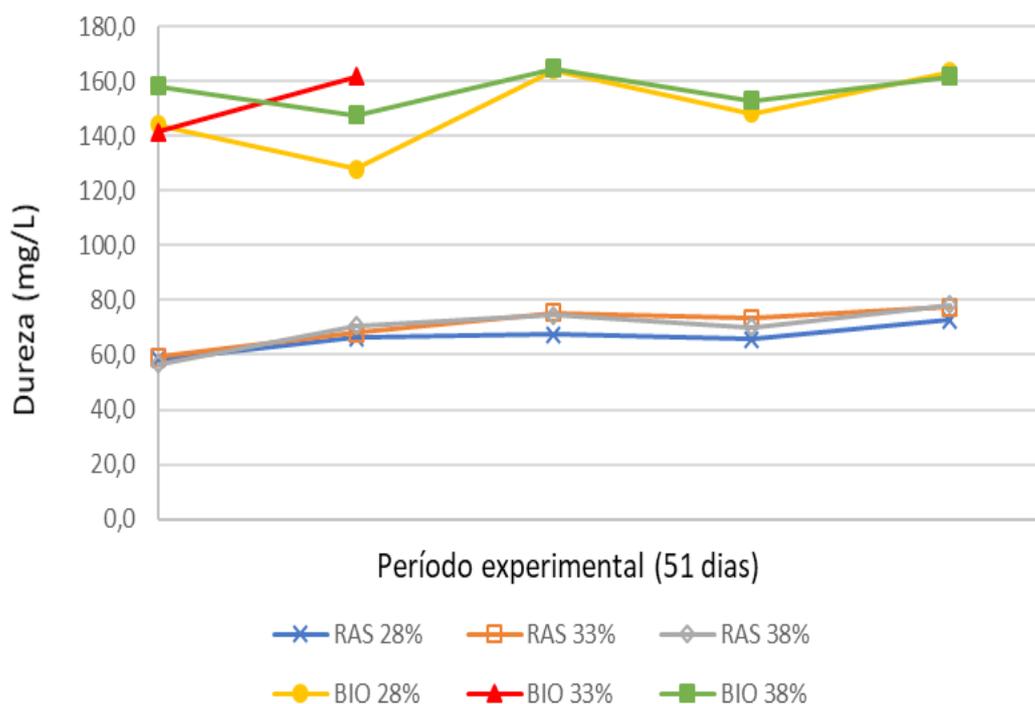


Figura 5. Oscilação da dureza em sistemas RAS e BFT na criação de juvenis de tilápia.

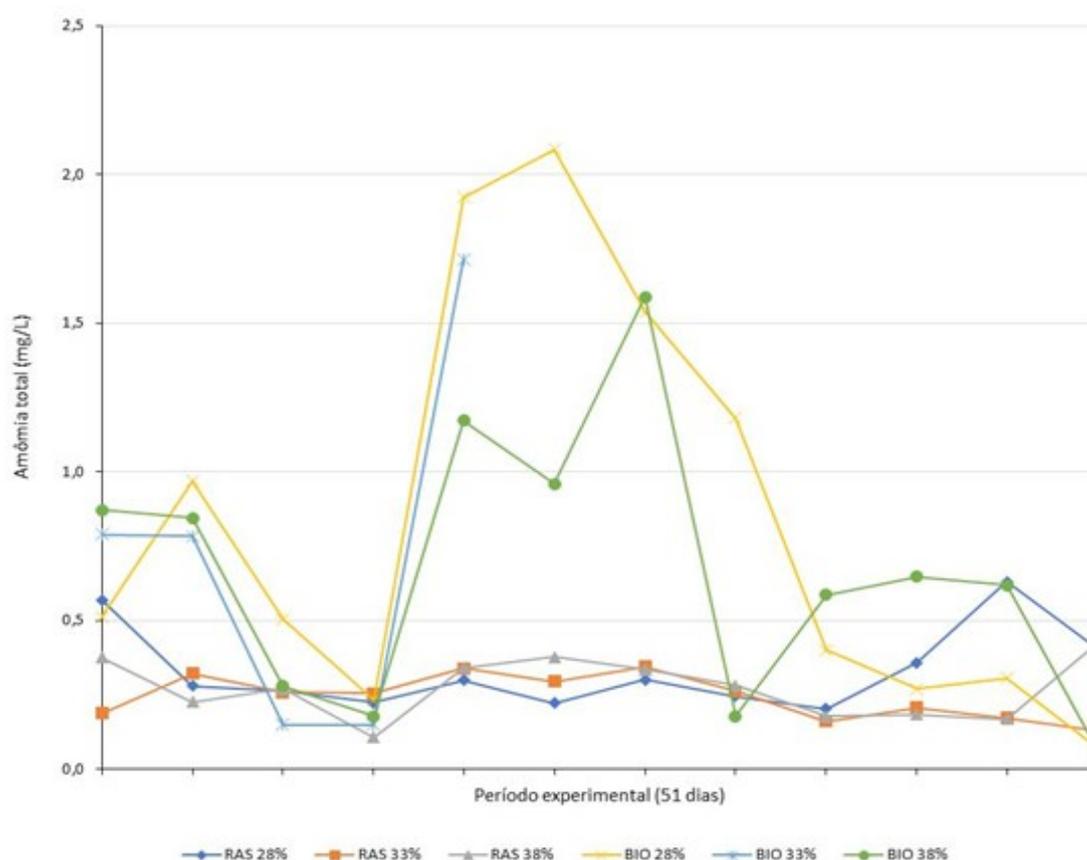


A amônia total durante o experimento, manteve-se em aproximadamente 0,3 mg/L no sistema de recirculação de água e no bioflocos em 0,7 mg/L, com diferença estatística significativa entre alguns tratamentos do bioflocos e recirculação (Tabela 2). Após a segunda semana observou-se, na 5ª análise, um aumento da amônia no sistema bioflocos, chegando a 2 mg/L (Figura 6). Segundo Silva (2013) valores de amônia total acima de 3 mg/L podem causar mortalidade, no entanto, estes valores não foram observados no presente trabalho. Este pico ocorreu após a mortalidade, pois foi mantido a mesma taxa de arraçoamento durante a alimentação, logo deteriorando a qualidade de água. Lima et al. (2015) realizam um experimento também utilizando a tilápia em sistema bioflocos, onde obtiveram valores da concentração de amônia semelhantes ao deste trabalho e com altas taxas de sobrevivência, logo descartando a ligação da mortalidade à amônia.

Vale ressaltar que mesmo apresentando valores superiores de amônia total no sistema BFT, o mesmo foi eficiente na manutenção da qualidade de água para este composto. Outro fato relacionado aos valores observados dos compostos

nitrogenados entre os dois sistemas testados, é o fato de que o filtro biológico do sistema RAS era superdimensionado, com um volume do filtro biológico de 20L para a manutenção da qualidade de água de três caixas com volume total de 150L, ou seja, 13,3% de volume de filtro biológico em relação ao volume de água das caixas, sendo que o recomendado para um bom funcionamento de um sistema de recirculação fica em torno de 10%, levando em consideração todo o ciclo de criação com peixes alcançando o peso final de abate. No presente trabalho, a fase de criação correspondeu somente juvenis.

Figura 6. Oscilação da amônia em sistemas RAS e BFT na criação de juvenis de tilápia.



Segundo o trabalho de Yanbo et al. (2006) os resultados de nitrito e nitrato obtidos no presente estudo, remete a uma situação de que os mesmos não apresentaram perigo para o desenvolvimento da espécie. As amostras continham valores máximos de 7,63 para nitrito e 292 mg/L para nitrato (Figuras 7 e 8). Estudos

mostram que a mortalidade causada pelo nitrito, ocorre em concentrações acima de 12 mg/L (YANBO et al., 2006).

Similar ao que foi observado para amônia total, houve diferença estatística significativa entre os sistemas testados em relação a nitrito e nitrato (Tabela 2), tendo o sistema BFT apresentado os maiores valores, mas como já mencionado, o sistema bioflocos foi eficiente na manutenção da qualidade de água em relação a estes parâmetros.

Figura 7. Oscilação do nitrito em sistemas RAS e BFT na criação de juvenis de tilápia.

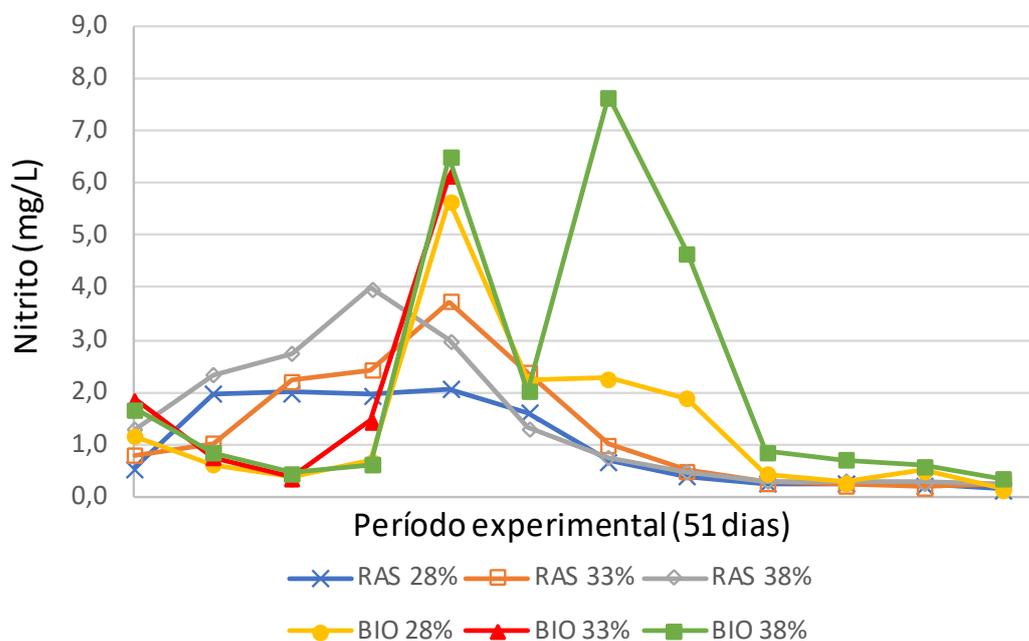
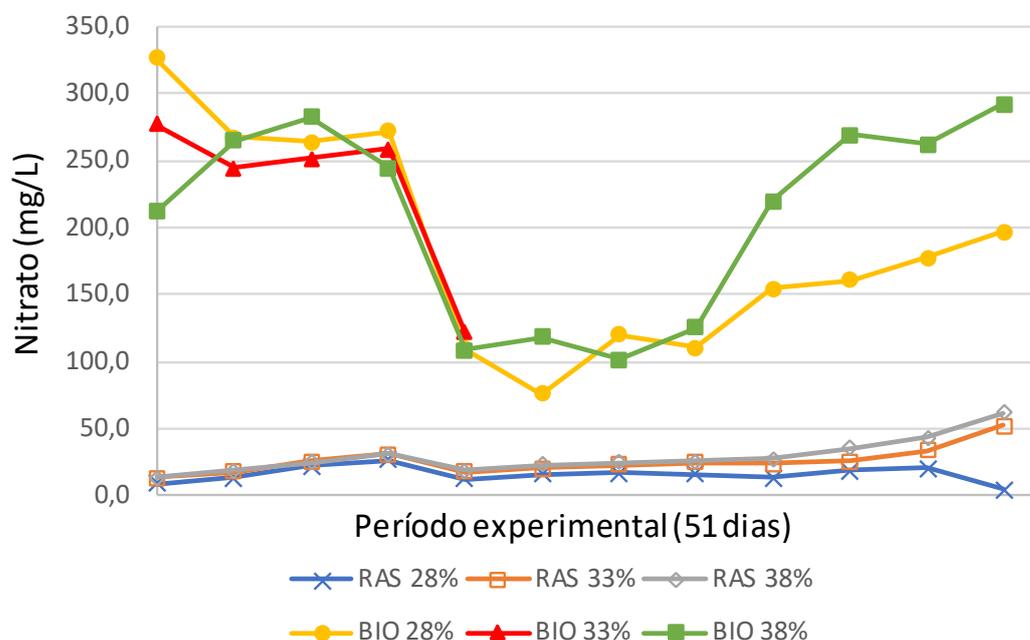


Figura 8. Oscilação do nitrato em sistemas RAS e BFT na criação de juvenis de tilápia.



A redução na concentração de nitrato presente na água do sistema bioflocos, foi devido troca de água para retirada do excesso dos sólidos, de forma a melhorar as condições do meio de criação. Esta retirada do excesso de sólidos é recomendada para o bom funcionamento do sistema de criação em BFT.

O valor máximo para os sólidos sedimentáveis atingiu a 24 mL/L, quando foi realizado uma clarificação do sistema. No cultivo de tilápias em sistema bioflocos, é recomendado que os sólidos sedimentáveis estejam entre 5 e 50 mL/L (AVNIMELECH, 2011), entretanto os peixes utilizados no presente trabalho eram muito menores, logo apresentando menor capacidade de filtrar os sólidos, já que seus arcos branquiais tinham menor tamanho. Através da análise das branquias de animais mortos em esteromicroscópio, foi possível observar uma grande quantidade de material preso entre as lamelas branquiais, caracterizando o problema de entupimento das branquias. Segundo Schweitzer et al.(2008) o aumento repentino nos níveis de sólidos, pode causar oclusão das brânquias também em camarões, sendo estes animais mais sensíveis ao excesso destas partículas na água. Afim evitar o excesso de sólidos no sistema, pode-se realizar a decantação do material ou renovação da água. Desta forma, acredita-se que a mortalidade ocorrida neste

experimento foi devido ao entupimento branquial, levando a asfixia dos animais e não por questões de degradação da qualidade de água.

5 CONCLUSÃO

A partir desse trabalho foi possível observar que, os sistemas bioflocos e RAS tiveram desempenhos diferentes, mas ambos os sistemas mantiveram as variáveis de qualidade de água em níveis aceitáveis para o desenvolvimento da tilápia do nilo. As diferentes concentrações de proteína bruta na ração mostraram diferença principalmente nos resíduos nitrogenados e na alcalinidade, mas não afetaram o desempenho zootécnico dos peixes. No presente trabalho as tilápias adaptaram-se melhor no sistema de recirculação de água, mostrando que juvenis de duas gramas são mais sensíveis a quantidade de sólidos suspensos na coluna d'água. Logo mais estudos são necessários para de fato comparar os sistemas, uma vez que a mortalidade ocorrida pode ter influenciado em algumas variáveis de qualidade de água, recomendando-se a utilização de espécimes de maior tamanho ou uma menor quantidade de sólidos sedimentáveis.

6 REFERÊNCIAS

ARANA, L. V. Princípios Químicos de Qualidade de Água em Aquicultura: uma Revisão para Peixes e Camarões. 2ª ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2004.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, n.1, p. 140-147, 2007.

AZEVEDO, V. G. **Sistemas de Recirculação para Cultivo de Peixes Marinhos – Procedimento Operacional Padrão (POP)**. Instituto de Pesca, Outubro de 2014. Disponível em:
http://www.pesca.sp.gov.br/Sist_RecirculacaoCultivodePeixesMarinhos14.pdf?fbclid=IwAR2yPufpEtjHI5H8bjZNQICxVoo7XpG07F69QvPhpY-QnxZvnsek4tMeIVU.
 Acesso em: 17 de dezembro de 2018.

AZIM, M. E., LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 283, n.1, p. 29-35, 2008.

BOYD, C. **Dynamics of Pond Aquaculture**. USA.1997.

CASH, G. Understanding recirculation theory. **Austasia Aquaculture**, v. 8, p. 92-112, 1994.

CREPALDI, D. V. et al. Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 30, n. 3-4, p. 86-99, 2006.

CROW, G. L. Goiter in Elasmobranchs – The Elasmobranch Husbandry Manual: Captive Care of Shark, Rays and their Relatives. **Special Publication of the Ohio Biological**, 2004, p. 441-446.

EMBRAPA, **MEIO AMBIENTE**, Jaguariúna/SP, 2014. Disponível em:
<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=aquic:::29>. Acesso em: 21 de junho de 2018.

EMERENCIANO, M. *et al.* Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. **Aquaculture Research**, v. 44, n. 1, p. 75-85, 2012.

FRENCH, K. *et al.* **Eckert: Fisiologia Animal: Mecanismos e Adaptações**. Rio de Janeiro: Guanabara Kogan, 2000.

KLINGER, D., NAYLOR, R. Searching for solutions in aquaculture: charting a sustainable course. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 37, p. 247-276, 2012.

KUBITZA, F. Criação de tilápias em sistema de bioflocos sem renovação de água. **Panorama da aquicultura**, v. 21, n. 125, 2011.

KUBITZA, F. **Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial**. 2.ed. rev. ampl. Jundiaí: Acqua Supre Com. Suprim. Aquicultura, 2011. 316p.

KUBITZA, F. **Qualidade da Água no Cultivo de Peixes e Camarões**. Jundiaí: F. Kubitza, 2003.

LIAO, I. C. Aquaculture in Asia: status, constraints, strategies, and prospects. **1990 APO Symposium in Aquaculture**. Taiwan Fisheries Research Institute, Keelung, p. 13-27, 1992.

LIMA, E. C. R. *et al.* Cultivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. **Revista brasileira saúde e produção animal**. Vol.16 no.4 Salvador Out./Dec. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-99402015000400948&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 1 de junho de 2018.

Miranda, K. M., ESPEY, M. G., WINK, D. A. **A Rapid, Simple Spectrophotometric Method for Simultaneous Detection of Nitrite and Nitrate**. *Nitric oxide: Biology and Chemistry*, v.5, n.1, p. 62 - 71, 2001.

NETO, A. D. L. *et al.* Criador de peixe em tanques rede. FUNECE-CE e PRONATEC. Fortaleza, 2016. Disponível em: http://www.academia.edu/33349217/APOSTILA_DO_CURSO_CRIADOR_DE_PEIXE_EM_TANQUES_REDE. Acesso em: 17 de dezembro de 2018.

OSTRENSKI, A.: BOERGER, W.. **Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de Manejo**. Liv. Edit. Agropecuária Ltda. Guaíba, RS, 1998. 211p.

SANTOS, L. F. *et al.* Qualidade de água na produção de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com diferentes níveis de proteína bruta em sistema bioflocos. **EMBRAPA**, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1063050/qualidade-de-agua-na-producao-de-alevinos-de-tilapia-do-nilo-alimentados-com-diferentes-niveis-de-proteina-em-sistema-bioflocos>. Acesso em: 1 de junho de 2018.

SCHULTER, E. P. e VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: Diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.econstor.eu/handle/10419/177544>. Acesso em: 31 de maio de 2018.

SCHVEITZER, R. *et al.* Engorda e formação de matrizes de *Litopenaeus vannamei*. **Panorama da aquicultura**, artigos, ed. 107, 2008. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/o-cultivo-com-bioflocos/>. Acesso em: 13 de novembro de 2018.

SEBRAE – SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Criação de tilápias em tanques escavados**. Natal: Sebrae, 2014.

SILVA, M. J. S. **Efeito agudo da amônia e do nitrito em tilápias *Oreochromis niloticus* mantidas em baixa salinidade**. Biblioteca Digital UFMG, 2013. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-9LSHK8>. Acesso em: 15 de outubro de 2018.

YANBO, W.; WENJU, Z.; WEIFEN, L.; ZIRONG, X. Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.32, p.49–54, 2006.