



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CULTIVO DE TILÁPIAS EM DIFERENTES AMBIENTES DE CRIAÇÃO

Campina Grande - PB
Fevereiro - 2017

MARIA JAMILLE DE MIRANDA BRITO

CULTIVO DE TILÁPIAS EM DIFERENTES AMBIENTES DE CRIAÇÃO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Engenharia Agrícola no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

Orientador: Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado

Campina Grande - PB

Fevereiro – 2017

MARIA JAMILLE DE MIRANDA BRITO

CULTIVO DE TILÁPIAS EM DIFERENTES AMBIENTES DE CRIAÇÃO

COMISSÃO EXAMINADORA

Profº. Dr. Dermeval Araújo Furtado
Orientador (UAEA/CTRN/UFCG)

Profº. Dr. Marcelo Luis Rodrigues
Examinador (DA/CCA/UFPB)

Profº. Dr. Carlos Minor Tomiyoshi
Examinador (UAEA/CTRN/UFCG)

**Aos meus amados pais JOSINALDO E
SOCORRO...**

**Por tudo que fizeram e fazem por mim. Por me
incentivar a seguir enfrente em busca dos meus
ideais...**

**Pois sem a preciosa ajuda de vocês eu jamais
conseguiria chegar onde cheguei.**

**“Dedico-lhes esta conquista com a minha mais
profunda admiração e respeito”**

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a DEUS, causa primária de toda a minha existência. Por sempre me conduzir ao caminho certo, por mais que às vezes não entenda.

À minha família pelo apoio em todos os momentos da minha vida.

À CAPES pelo auxílio financeiro concedido por meio de bolsa de estudo durante o curso de mestrado.

Ao professor Dr. DERMEVAL ARAÚJO FURTADO, pela orientação durante o curso de mestrado e pelo exemplo de dedicação ao trabalho.

À Prof. Dr. MARCELO LUÍS RODRIGUES pelo apoio e ajuda necessários ao desenvolvimento da pesquisa, pela orientação, oportunidades e espelho de um profissional ético e competente. Alguém que admiro muito, e na figura de mestre, me transmitiu vários ensinamentos necessários para obtenção de êxito neste trabalho. Agradeço pelo incentivo, dedicação e por ter acreditado no meu potencial.

À todos os que compõe o grupo de trabalho (funcionários e estagiários) do Setor de Piscicultura , por todo apoio e conhecimento compartilhado, em especial Maria de Lourdes, zootecnista do setor, pelo auxílio nos trabalhos de campo, pelas análises de laboratório e, sobretudo pela AMIZADE construída ao longo de muitos anos.

Aos meus amigos, pela paciência, por aguentarem os meus momentos de chatices, pelos momentos de risadas, de ensinamentos por que não? se aprendemos muito uns com os outros, por aguentarem minhas lamentações e choros sem motivos aparentes, enfim , pelos momentos de alegrias e dificuldades. Quero que saibam que vocês fazem e farão sempre parte da minha vida: ADRIANO e ANGELO.

Ao corpo docente e funcionários do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, que forneceram as condições necessárias para minha formação acadêmica.

A Samuel pelo incentivo e pelo apoio constantes.

E a todos que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Setor de Piscicultura da UFPB/Campus II.....	20
Figura 2. Aquecedor eletrônico para aquários de até 300 litros.....	20
Figura 3. Sistema de aeração do Bioflocos.	20
Figura 4. Filtro biológico. (A e B) parte interna do filtro. (C) Primeira camada do filtro conduites elétricos. (D) Segunda camada de carvão vegetal. (E) Terceira camada com brita 0. (F) sistema de recirculação (Filtro).	21
Figura 5. Evolução do aspecto da água da caixa, durante o período experimental. (A) Água no 9º dia, ainda transparente e levemente esverdeada. (B) No 17º dia a água estava começando a apresentar aspecto amarronzado. (C) No 29º dia, formação da espuma na superfície e grande quantidade de limo aderido à parede da caixa. (D) Redução da quantidade de espuma e aparecimento dos bioflocos em suspensão, por volta do 38º dia.....	23
Figura 6. Variação da alcalinidade total (CaCO_2 mg L^{-1}) durante o cultivo da tilápia do Nilo, submetida a diferentes ambientes de cultivo.....	27
Figura 7. Concentrações de amônia total (NH_3+NH_4 mg. L^{-1}) durante o cultivo da tilápia do Nilo, submetida a diferentes ambientes de cultivo.....	28
Figura 8. Concentrações de nitrito mg. L^{-1} (NO_2) durante o cultivo da tilápia do Nilo, submetida a diferentes ambientes de cultivo.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios das variáveis físico-químicas da qualidade da água do açude.....	22
Tabela 2. Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis físico-químicas da qualidade da água durante o cultivo da tilápia do Nilo, submetida a diferentes ambientes de cultivo.	26
Tabela 3. Desempenho e índices zootécnico da tilápia do Nilo, submetida a diferentes ambientes de cultivo.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS/SÍMBOLOS/UNIDADES

BFT – Sistema de Bioflocos (Biofloc Technology System – BFT);

RAS- Sistema de Recirculação de Água (Sistema de Recirculação de Água);

C/N- Relação carbono e nitrogênio;

CULTIVO DE TILÁPIAS EM DIFERENTES AMBIENTES DE CRIAÇÃO

RESUMO

Entre os sistemas de cultivos de peixe praticados destaca-se o intensivo, principalmente pela maior aplicação de tecnologias, monitoramento da qualidade da água e maior controle dos fatores ambientais. Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes ambientes de cultivo para produção de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema intensivo. O período experimental teve duração de 60 dias e foram testados quatro ambientes diferentes (T1- sem recirculação de água (Controle); T2 - Sistema de Bioflocos (BFT) sem recirculação; T3 - Sistema de recirculação de água (RAS) + adição do probiótico (Embiotic[®]) e T4 - Sistema de recirculação de água (RAS), com cinco repetições cada, totalizando 20 unidades experimentais. Duzentos e quarenta juvenis de tilápia com peso médio inicial de $139,77 \pm 9,03$ g, foram distribuídos em vinte caixas d'água de fibra de vidro, com capacidade de 310 litros, com temperatura da água controlada com aquecedores e aeração contínua. A ração utilizada foi a comercial extrusada, com 32% de proteína bruta (PB) e peletes de seis milímetros de diâmetro, reajustados semanalmente após as realizações das biometrias. Foram realizados o acompanhamento do desempenho dos animais e o monitoramento da qualidade química e física do ambiente de cultivo. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no tempo, e as análises estatísticas foram submetidos à análise de variância, nível de 5% de probabilidade. Os animais mantidos no sistema de recirculação de água foram os que obtiveram melhores resultados ($p < 0,05$) para o peso e comprimento final, ganho de peso total e médio diário, taxa de crescimento específico e sobrevivência e para os parâmetros físicos e químicos da água, mostrando-se o mais eficiente entre os tratamentos. O sistema de recirculação de água (RAS) propiciou melhor desempenho zootécnico e melhor qualidade de água.

Palavras-chave: Ambiência, bioflocos, probiótico.

CULTIVATION OF TILAPIA IN DIFFERENT CREATION ENVIRONMENTS

ABSTRACT

Among the fish farming systems practiced, the most intensive is due to the greater application of technologies, monitoring of water quality and greater control of environmental factors. Thus the objective of this work was to evaluate different cultivation environments for the production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in intensive system. The experimental period had a duration of 60 days and four different environments were tested (T1- without water recirculation (Control), T2 - Bioflocosis System (BFT) without recirculation, T3 - Water recirculation system (RAS) + addition of probiotic (Embotic®) and T4 - Water Recirculation System (RAS), with five replicates each, totaling 20 experimental units. Two hundred and forty juveniles of tilapia with initial mean weight of 139.77 ± 9.03 g were distributed in twenty Water tanks with a capacity of 310 liters, with water temperature controlled by heaters and continuous aeration. The feed used was the extruded commercial, with 32% crude protein (CP) and pellets with a diameter of six millimeters, which were readjusted weekly after the biometrics accomplishment, followed the performance of the animals and the monitoring of the chemical and physical quality of the culture environment. Randomly, with plots subdivided in time, and statistical analyzes were submitted to analysis of variance, level of 5% probability. The animals kept in the water recirculation system were the ones that obtained the best results ($p < 0.05$) for the final weight and length, total and average daily weight gain, specific growth rate and survival and for the physical and chemical parameters of the water, proving to be the most efficient among treatments. The water recirculation system (RAS) provided better zootechnical performance and better water quality.

Keywords: Ambience, Biofloc, Probiotic

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS/SÍMBOLOS/UNIDADES.....	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Considerações sobre a aquicultura	4
2.2 Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	4
2.3 Sistema de Bioflocos (BFT)	6
2.4 Sistema de Recirculação de água.....	8
2.5 Parâmetros físicos e químicos da água	10
2.5.1 Temperatura da água	11
2.5.2 Oxigênio Dissolvido (OD)	12
2.5.3 pH (Potencial Hidrogeniônico)	13
2.5.4. Compostos nitrogenados	14
2.6. Probiótico.....	17
3.5.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Manejo do Bioflocos	23
3.2 Manejo do Sistema de Recirculação de água com adição de probiótico.....	25
3.2.1 Ativação do probiótico comercial (Embiotic®).....	25
3.3 Análise estatística	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
3.1 Variáveis físico-químicas da qualidade da água.....	26
4.2 Desempenho e índice zootécnico	31

5.	CONCLUSÕES	33
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

Segundo FAO/Banco Mundial a aquicultura é considerada uma forma promissora de redução à pobreza no meio rural, sendo um componente atraente e importante á esta população, em situações em que aumentam as pressões populacionais, a degradação ambiental e a redução das capturas por meio da pesca. A aquicultura brasileira é a segunda maior da América do Sul, sendo o primeiro país o Chile. Tal atividade traz benefícios para a saúde e nutrição humana, geração de empregos, melhoria na renda, reduz a vulnerabilidade das propriedades e a sustentabilidade destas. Entretanto, a aquicultura não deve ser vista como uma atividade isolada, mas sim como um aspecto preponderante do desenvolvimento rural.

A produção mundial de pescado (pesca e aquicultura) em 2014 foi de 167,2 milhões de toneladas, cerca de cinco milhões de toneladas a mais do que em 2013, sendo 146,3 milhões de toneladas para o consumo humano (FAO, 2016). Segundo o Brasil (2015) a produção total de peixes da piscicultura brasileira foi de 483,24 mil toneladas em 2015, representando um aumento de 1,5% em relação ao ano anterior, com elevações nas Regiões Norte (6,2%), Sudeste (12,7%) e Sul (13,1%), no Nordeste e Centro-Oeste, registraram-se quedas de 4,7% e 19,7%, respectivamente, o município de Jaguaribara (CE), mesmo com a queda de 18,4% de sua produção, continuou na segunda posição, com 13,80 mil toneladas, em relação a produção nacional.

A tilápia é a espécie mais criada no Brasil, com 219,33 mil toneladas despescadas em 2015, representando 45,4% do total da despesca nacional, com aumento na produção de 9,7% em relação a 2014; o tambaqui é a segunda, com 28,1% do total de peixes em 2015, despesca de 135,86 mil toneladas, representando uma queda de 2,7% em relação a 2014 (Brasil, 2015). O crescimento da tilapicultura no mundo e a contínua intensificação dos sistemas de cultivo resultam na busca constante por linhagens de desempenho superior. A produção de tilápia (*Oreochromis niloticus*) é a mais consolidada das criações de peixes no Brasil, devido as suas características, como taxa de crescimento elevada em diferentes sistemas de cultivo, rusticidade, capacidade de reprodução em cativeiro e aceitação no mercado consumidor.

Na produção de peixe a qualidade da água é um dos principais fatores para propiciar um bom desenvolvimento e sanidade dos animais, sendo assim o monitoramento da qualidade da água é um dos pontos importantes para o melhor desempenho dos animais. O sistema de recirculação de água (RAS) é uma forma de cultivo em que a água após passar pelos tanques de produção, segue para o tratamento em filtros mecânicos e biológicos, retornando ao

sistema por bombeamento, conseguindo alta economia de água, um melhor controle do seu ambiente interno e, conseqüentemente, alta taxa de estocagem. Parte do sucesso na operação de um sistema de recirculação está na implementação de uma estratégia eficiente e econômica para o tratamento da água e na adoção de práticas adequadas de condução do cultivo.

O sistema de bioflocos (BFT) é uma técnica de controle do ambiente aquático por meio da adição de carbono para o sistema aquícola, através de uma fonte externa de carbono orgânico ou elevado teor de carbono contido na alimentação dos animais (Crab et al., 2012). O melaço (subproduto da cana-de-açúcar) é uma das fontes de carbono mais utilizada nesse tipo de tecnologia, devido a sua disponibilidade, baixo custo, possuindo, geralmente, 17 a 25% de água e 45 a 50% de açúcares (sucrose, glucose, frutose) (Najafpour & Shan, 2003).

O uso do probiótico na aquicultura é uma das alternativas ao uso de antibióticos no controle de doenças (Gildberg et al., 1997; Gram et al., 1999; Nikoskelainen et al., 2001), e pode ser definido como um conjunto de microrganismos vivos, benéfico ao hospedeiro e a comunidade microbiana do meio aquático, suplementados aos alimentos, melhorando seu balanço microbiano e na prevenção de doenças (Fuller, 1989). O uso de levedura como probiótico tem efeitos significativos em humanos e animais, no entanto, seus efeitos precisam ser mais bem definidos em organismos aquáticos. O Embiotic® é um probiótico composto por microrganismos benéficos que agem proporcionando o equilíbrio da flora microbiana do meio, sendo bastante utilizado na agricultura para melhorar a utilização da matéria orgânica do solo.

Devido às múltiplas pressões do meio, entre as quais se destaca a poluição dos ecossistemas aquáticos marinhos e de água doce, a tendência tem sido a gradativa redução dos estoques naturais. A escassez de proteína será considerável neste século e a produção de alimento através da aquicultura deverá ter grande incremento. No Brasil, a produção de tilápias em água doce é elevada devido ao maior respaldo tecnológico. Daí a necessidade de desenvolvimento de tecnologia para a ampliação da produção controlada nos ambientes.

O Brasil, devido suas dimensões continentais, possui uma grande variabilidade de condições ambientais, existindo desde regiões muito secas e quentes até locais úmidos e frios e, em função das particularidades ambientais de cada região e de seus respectivos efeitos na produção animal, é faz-se necessário o estudo da ambiência no interior das instalações. Isso é possível através da realização do chamado “monitoramento ambiental” que deverá ser

realizado tanto na parte interna (microclima) quanto na parte externa da instalação (macroclima).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes sistemas de cultivo para produção de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema intensivo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações sobre a aquicultura

Os reservatórios de usinas hidrelétricas e propriedades particulares no Brasil possuem 3,5 milhões de hectares de lâmina d'água, que podem ser explorados para a piscicultura (MPA, 2011) e o Brasil é considerado uma grande potência para o desenvolvimento da piscicultura, devido o clima e o território favorável (Cechim, 2012), e quando comparada aos outros segmentos de produção animal, a aquicultura vem se destacando á nível mundial em razão do contínuo crescimento, tornando-se uma atraente opção de investimento no agronegócio, crescendo em estruturas empresariais e familiares, sobretudo a criação de crustáceos e de peixes.

A região do Nordeste é a maior produtora aquícola com 29% da produção brasileira, devido, principalmente, pela presença de carcinicultura, onde tal atividade não é encontrada com expressão nas outras regiões brasileiras, e as regiões Norte e Centro-Oeste produzem, separadamente, cerca de 22% do volume nacional, o qual está fundamentado na piscicultura, a região Norte representa 15% e a Sudeste 11% na produção nacional (Sebrae, 2015). A piscicultura nacional teve uma produção de 483,24 mil toneladas em 2015, representando um aumento de 1,5% em relação ao ano anterior, com elevações nas Regiões Norte (6,2%), Sudeste (12,7%) e Sul (13,1%), no Nordeste e Centro-Oeste, registraram-se quedas de 4,7% e 19,7%, respectivamente, o município de Jaguaribara (CE), mesmo com a queda de 18,4% de sua produção, continuou na segunda posição, com 13,80 mil toneladas, em relação a produção nacional (Brasil, 2015).

2.2 Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A tilápia do nilo é originária da bacia do rio Nilo, no Leste da África, encontrando-se amplamente disseminada nas regiões tropicais e subtropicais. No Brasil a espécie foi introduzida no ano de 1971 pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) em projetos de peixamento dos reservatórios públicos da Região Nordeste, mas devido à falta de domínio sobre as técnicas de produção, as taxas de êxito foram muito baixas (Nogueira et al., 2007). Bastante difundida em países de clima tropical e subtropical, o cultivo da tilápia vem crescendo nos últimos anos no Brasil, pelo seu crescimento acelerado, aceitação de

rações balanceadas, carne de excelente qualidade, facilidade na filetagem e ausência de ossos intramusculares.

A tilápia do Nilo é a espécie mais cultivadas no Brasil, cultivada desde a bacia do rio Amazonas até o Rio Grande de Sul, e o interesse pelo cultivo desta espécie no sul e sudoeste do país, cresceu rapidamente pela introdução da tecnologia da reversão sexual e a pesca esportiva, representado pelos pesque pagues, sendo criada em diversos sistemas de produção, desde o sistema semi-intensivo em tanques que recebem dejetos da criação de outras espécies animais, como em cultivo intensivos com em sistemas de recirculação de água (RAS), sistema de bioflocos (BFT) e tanques-rede.

No início da década de 1990, com a difusão da tecnologia de inversão sexual, a produção de Tilápia começou a ser incrementada, sendo considerada uma das espécies mais indicadas para a criação intensiva, devido a sua alta e rápida taxa de crescimento, flexibilidade às mudanças ambientais, fácil reprodução e rusticidade (El-sayed, 2006), destacando-se entre as espécies exóticas, representando 45,4% do total do cultivo de peixes em 2015, a produção da espécie aumentou 9,7% em relação a 2014, sendo o principal peixe de água doce cultivado em escala mundial (Brasil, 2015).

De acordo com Brasil, (2015) a tilápia é a espécie mais criada no Brasil, representando 45,4% do total da despesca nacional em 2015, com um aumento de 9,7 da produção da espécie em relação a 2014. O cultivo de tilápia vem crescendo a cada ano, devido ao seu potencial zootécnico e reprodutivo, que quando criadas em cativeiro, mostram ser de fácil manejo, resistência ao manejo e às enfermidades (Carrillo & Romagosa, 2005), a tilápia é conhecida como “frango da água”, em virtude do rápido crescimento e uma boa aceitabilidade no mercado consumidor.

A tilapicultura vem se mostrando uma ótima alternativa para a piscicultura de água doce e estuarina e, a expansão do cultivo deve-se ao ótimo desempenho, alta rusticidade, facilidade de obtenção de alevinos, adaptabilidade aos mais diversos sistemas de criação, grande aceitação no mercado de lazer (pesque-pague) e alimentício (frigoríficos), pelas qualidades nutritivas e organolépticas do seu filé, onde os animais conseguem sobreviver em condições adversas, como água de baixa qualidade, bastante tolerantes ao baixo oxigênio dissolvido e convivem com uma faixa bastante ampla de acidez e alcalinidade na água,

crecem e até mesmo se reproduzem em águas salobras e salgadas e toleram altas concentrações de amônia tóxica, comparadas à maioria dos peixes cultivados (Kubitza, 2000).

Devido às múltiplas pressões do meio, entre as quais se destaca a poluição dos ecossistemas aquáticos marinhos e de água doce, a tendência tem sido a gradativa redução dos estoques naturais. A escassez de proteína será considerável neste século e a produção de alimento através da aquicultura deverá ter grande incremento. No Brasil, a produção de tilápias em água doce é bem maior devido ao maior respaldo tecnológico, havendo a necessidade de desenvolvimento de tecnologia para a ampliação da produção controlada nos ambientes.

Em média 70% do custo da produção de tilápia é com ração, e uma das maneiras de se alcançar melhores índices econômicos neste cultivo é em sistemas intensivos, e a utilização do alimento natural presente na água. Segundo Avnimelech (2007) flocos microbianos para tilápias é uma possível fonte de alimento, podendo contribuir com cerca de 50% das suas necessidades de proteína. Em condições favoráveis de cultivo, os animais atingem cerca de 5 centímetros e 2 gramas em dois meses de vida, tamanho comercial a partir de 4 a 5 meses, com peso médio variando de 400 a 700g (Kubitza, 2000).

2.3 Sistema de Bioflocos (BFT)

O sistema de bioflocos (BFT) tem como função principal a reciclagem de nutrientes e sua conversão em flocos microbianos, sendo utilizado como alimento natural endógeno nos sistemas de cultivo e para proteger os recursos hídricos com a baixa utilização de água no sistema. Os bioflocos são conglomerados de micro-organismos constituídos principalmente por bactérias, zooplânctons, protozoários e microalgas agregadas à matéria orgânica (Avnimelech, 2012).

O BFT é caracterizado por mínima ou nenhuma renovação de água, e a preocupação com os compostos nitrogenados acumulados no sistema tem sido um tema bastante discutido por pesquisadores e produtores. A manipulação da relação carbono-nitrogênio (C:N) estimula o crescimento de microrganismos, aumentando sua eficiência, e essa relação deve ser mantida em 20:1, para atingir a relação desejada, mas a ordens de 14:1 já são suficientes para estabelecer e manter a população de micro-organismo benéfica dos bioflocos, e para se conseguir e manter essa relação se faz necessária a adição de uma fonte extra de carbono orgânico (Avnimelech, 2009). O melão da cana-de-açúcar é a fonte de carbono mais

utilizado para este fim, possibilitando o equilíbrio desejado da relação Carbono:Nitrogênio (C:N), facilitando a imobilização do nitrogênio presente no meio de cultivo (Crab et al., 2007; Samocha et al., 2007).

Na piscicultura um dos problemas encontrados é a demanda de grande quantidade de água na produção e, conseqüentemente, o descarte inadequado da água no fim do ciclo de produção, contendo elevado teor de matéria orgânica. Na maioria das propriedades esse efluente não sofre nenhum tipo de tratamento e é descartado diretamente no corpo de água mais próximo ao local de produção (Diana, 2009), podendo provocar desequilíbrio ambiental.

Segundo Krummenauer et al. (2011) no sistema de bioflocos, além da diminuição do volume de ração ofertada, também reduz a quantidade de água utilizada e, conseqüentemente, o volume de efluentes gerado. Devido às técnicas aplicadas na manipulação do bioflocos, ocorre à queda no volume de efluentes, e nesse sistema é possível reutilizar a água proveniente do ciclo produtivo anterior, aproveitando o equilíbrio já estabelecido entre os micro-organismos presentes (Gaona et al., 2011).

Para a formação e manutenção da população microbiana dentro dos tanques, deve-se ter uma aeração constante no sistema. Segundo Ray et al. (2010a) a concentração de oxigênio na água é um dos aspectos essenciais para que se estabeleça um equilíbrio na microbiota, evitando a proliferação de organismos indesejáveis. Segundo Avnimelech (2007) os micro-organismos utilizam os excrementos e restos de rações que não foram consumidas pelos animais como fonte nutricional, sendo capazes de assimilar o nitrogênio em excesso do ambiente e, com a adição de fontes de carbono produzem compostos proteicos (Avnimelech, 2007). O BFT pode alcançar níveis de proteína bruta de até 50% (Rocha et al., 2012),

O sistema de bioflocos é considerado um sistema superintensivo de produção, devido a densidade de estocagem, conseqüentemente maior produtividade comparando a outros sistemas tradicionais de produção, e nessa tecnologia a aeração deve ser constante (Avnimelech, 2012), com densidades de estocagem e elevadas produtividades, cerca de 10 a 40Kg m⁻³ (Avnimelech, 2005). Com esse sistema pode-se aumentar a biossegurança durante o ciclo de produção, devido à mínima troca de água, diminuindo assim o risco de introdução e disseminação de doenças.

A relação Carbono:Nitrogênio proporciona a existência de bactérias heterotróficas, capazes de absorver compostos nitrogenados, mantendo a qualidade da água e formando

bioflocos, que são constituídos principalmente por bactérias, zooplânctons, protozoários, microalgas, que, juntamente com detritos, estão agregados à matéria orgânica (Avnimelech, 2012).

Em estudos sobre o sistema de Bioflocos, Azim & Little (2008) verificaram que este contribuiu de forma significativa com o ganho de peso de 44 a 46% nas tilápias, em comparação com a produção convencional, citando que a qualidade nutricional do biofloco é apropriada para espécies de peixes herbívoros e onívoros, incluindo tilápias. A capacidade de se alimentar por filtração da água, permite a absorção dos bioflocos em suspensão, e por ser um peixe robusto e de rápido crescimento, está adaptado a sistemas bem adensados (Avnimelech, 2011).

Em estudos com juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) Nootong et al., (2011) verificaram que tratamento mantido em sistema com bioflocos obteve uma densidade final de 8,82 kg m⁻³, com sobrevivência de 96% e ganho médio diário de 1,4g, já Wambach (2013) relatou uma densidade de 12,4 kg m⁻³ para alevinos de tilápia cultivados em sistema com bioflocos (com remoção de sólidos).

Crab et al. (2009) cultivando tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus x Oreochromis aureus*) em sistema de bioflocos, observaram a eficácia do uso desse sistema para a tilápia, mantendo a temperatura da água adequada, sua qualidade e a sobrevivência dos peixes, limitada ou nenhuma troca de água, além de poder ser uma fonte de alimentação para os peixes.

2.4 Sistema de recirculação de água

O sistema de recirculação de água tem como características o baixo consumo de água, o controle total do ambiente, possibilitando uma produção contínua com qualidade e gerando menor impacto ambiental, possibilidade de produzir em altas densidades em menor área de produção. As diferenças relativas à produtividade entre o sistema convencional e o super intensivo são enormes, visto que são necessários 13.000 a 15.000 metros quadrados de viveiro para se obter a mesma produtividade de uma unidade super intensiva de 250 metros quadrados, enquanto que o primeiro sistema necessita de uma renovação diária de água em torno de 10 a 20 %, o segundo sistema tem necessidade apenas de 3 a 5 % de entrada de água nova (Braz Filho, 2000).

Os sistemas de recirculação podem ser com uma única linha de tratamento de água ou com todos os tanques isolados, ou seja, um único filtro para todo o sistema ou um filtro para cada tanque. Quando se utiliza um único filtro biológico para todo o sistema, o risco de disseminação de alguma doença iniciada em um tanque para todos os demais tanques é maior, o tratamento fica mais oneroso e menos eficiente. Outro inconveniente é a necessidade de interferência em todos os tanques quando há necessidade de limpeza em filtros biológicos ou de reparo estrutural no sistema (Kubitza, 2006), já no sistema de tratamento isolado, o controle sanitário é maior e mais eficiente.

Em sistemas fechados as condições de cultivo são total ou parcialmente controladas, e os resíduos gerados podem ser melhor administrados (Timmons & Ebeling, 2007), conseqüentemente a quantidade de efluente gerado é em menor quantidade, sendo assim, os parâmetros químicos e físicos de qualidade da água (pH, temperatura, oxigênio dissolvido na água, níveis de amônia, nitrito e alcalinidade) devem ser monitorados e corrigidos constantemente, a fim de manter as altas densidades de cultivo nas melhores condições possíveis (Kubitza, 2006).

A principal forma nitrogenada presente na excreta dos peixes é amônia não ionizada (NH_3), sendo assim os filtros biológicos de bactérias nitrificadoras é mais comum utilizado nesse tipo de sistema. De acordo com Kubitza (2006) os filtros biológicos consistem em caixa d'água, tanque, cilindro ou gaiola preenchidas com substratos que possibilitem a fixação de bactérias nitrificadoras do gênero *Nitrosomonas* (que realizam a oxidação da amônia a nitrito) e do gênero *Nitrobacter* (que oxida o nitrito a nitrato), este último, menos tóxico para os peixes, os substratos mais comuns utilizados nos filtros biológicos são areia grossa, cascalho, brita, esferas ou cilindros de plásticos e flocos de isopor.

A filtração biológica é o processo pelo qual amônia é convertida primeiramente em nitrito e então para nitrato (Braz Filho, 2000), dessa forma, os filtros biológicos são fundamentais para o bom funcionamento do sistema (Kubitza, 2006). O filtro biológico deve ser composto por uma camada de substrato ao qual as bactérias nitrificadoras se fixam para poder ocorrer o processo de nitrificação, ocorrendo durante o percurso da água através do filtro biológico, durante esse processo são consumidos cerca de 4,6g de oxigênio e 7,05g de CaCO_3 para cada grama de amônia oxidada a nitrato (Kubitza, 2006).

Para Eding et al. (2006) as vantagens dos filtros biológicos quando comparados com outros tipos de filtro usados na aquicultura são, a estabilidade do processo, devido a manter os

níveis de oxigênio elevados e a remoção de CO₂. Um dos principais problemas do cultivo de peixes no sistema de recirculação de água é a remoção dos resíduos sólido da água, onde podem ser removidos por sedimentação ou filtração mecânica, estes resíduos presentes nos sistemas podem acarretar alguns problemas como o entupimento dos filtros biológicos, não fornecendo oxigênio para as bactérias nitrificantes, que essencial para que ocorra o processo de nitrificação que só ocorre com presença de oxigênio e diminuição do fluxo de água. Sólidos dissolvidos (partículas menores que 40 micra) podem ser concentrados e removidos do sistema com o uso do fracionador de espuma (Kubitza, 2006), os filtros mecânicos podem ser do tipo tambor, disco ou esteira (Crepaldi et al., 2006).

Um dos entraves do cultivo de peixes no sistema de recirculação é a demanda de energia para que o sistema funcione, a falta dela pode acarretar vários problemas, um deles é a falta de oxigênio no sistema, em cerca de 15 minutos a 1 hora a concentração de oxigênio dissolvido na água pode cair a níveis letais, proporcionando um prejuízo enorme para o produtor. Geralmente são utilizados geradores, sistemas de alerta e até mesmo uma linha de distribuição e difusão de gás oxigênio diretamente em cada tanque (Kubitza, 2006). O ideal é que estes sistemas de “backup” sejam ligados automaticamente em casos de falha (Masser et al., 1999).

2.5 Parâmetros físicos e químicos da água

Os recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos, estão se tornando cada vez mais escassos, como consequência do aumento mundial da população e da intervenção do ser humano no ambiente. Nesse processo, têm sido afetados cada vez mais negativamente em sua qualidade, nas reservas disponíveis e na capacidade natural de autodepuração. O reuso da água, tem sido uma alternativa para minimizar os impactos ambientais da aquicultura, visando à racionalização deste recurso natural essencial e cada vez mais escasso em termos qualitativos (Silva et al., 2013).

A qualidade de água inclui todas as características físicas, químicas e biológicas que interagem entre si, sendo um dos fatores principais na piscicultura, e essa qualidade é influenciada por diversos fatores, como qualidade da ração, origem da água de abastecimento no sistema, característica do solo e o clima da região (Silva et al., 2013). O aumento da população mundial e os consequentes incrementos das áreas agricultáveis e da produção industrial demandaram o crescimento exponencial da exploração dos recursos hídricos.

A aquicultura gera impactos negativos nos ecossistemas, tendo em vista a quantidade de efluentes sem tratamento que são jogados nos mananciais. Segundo Zaniboni Filho (1997), 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. Sendo assim boas práticas de manejo podem minimizar este impacto no meio ambiente, mais não determina uma sustentabilidade perene, assim deve-se buscar uma preservação da biodiversidade e uso racional dos recursos naturais sem degradação dos ecossistemas aquáticos (Macedo & Sipaúba, 2010).

Dias (2006) em estudos realizados no Nordeste do Brasil, observou que a tilápia exerceu uma pressão negativa sobre os ecossistemas em que foram introduzidas, acarretando prejuízos ecológicos. A eutrofização acontece através das alterações dentro do ambiente aquático, devida à elevada quantidade de nutriente presente na água, que são os fosfatos, os compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato), devido as grandes densidades de estocagem em sistemas de cultivo fechado, a excreção dos peixes e o aumento da ciclagem dos nutrientes na água, há um aumento na eutrofização do ambiente se cultivo.

2.5.1 Temperatura da água

Poucos fatores ambientais exercem tanta influência sobre a atividade animal quanto a temperatura da água. Os peixes ectotermos ou pecilotérmicos são aqueles que apresentam variações em suas temperaturas corporais conforme a temperatura ambiente (Baldisserotto, 2009), o que resulta em alterações metabólicas induzidas pela elevação ou pela redução da temperatura, enquanto os animais endotermos, como aves e mamíferos, utilizam energia metabólica para termorregulação, em diferentes condições ambientais.

A temperatura da água é considerada um fator limitante na produção de peixes, influenciando diretamente nas atividades fisiológicas (Baldisserotto, 2009), como na ingestão de alimentos, na quantidade de alimento a ser fornecido, horário de arraçoamento, frequência e ritmo de alimentação, nos diferentes sistemas de criação. A temperatura é um fator muito importante na aquicultura, pois influencia diretamente nos processos fisiológicos e, por consequência, o crescimento e desempenho dos organismos aquáticos (Ostini, 2002).

Cada espécie de peixe tem sua faixa de temperatura ideal para o seu desenvolvimento. Em temperaturas elevadas há um aumento considerável no consumo de oxigênio, como também baixas temperaturas reduzem o consumo de ração, devido a queda no metabolismo, e

em se tratando de peixes de climas tropicais prejudicam a produtividade do sistema, com isso é importante o monitoramento constante do ambiente de produção (parâmetros físicos, químicos e biológicos da água). Em temperaturas baixas o nível de oxigênio dissolvido na água será maior, conseqüentemente em altas temperaturas o nível de oxigênio dissolvido na água diminuirá devido na mudança do ambiente de cultivo, assim influenciando no comportamento dos animais.

Segundo Kubitza (1998) a exigência em temperatura depende da espécie de peixe e fase de desenvolvimento em que este se encontra (ovo, larva, pós-larva ou juvenil). Para peixes tropicais a faixa de temperatura ótima para o seu crescimento é de 26 a 32 °C, a temperatura da água ideal para o cultivo de tilápia por ser uma espécie de clima tropical, esta na faixa de 25 a 30°C, onde o animal se encontra em conforto térmico, com crescimento prejudicado abaixo de 15°C e temperatura letal em torno de 9°C (Cyrino & Conte, 2006).

2.5.2 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio é essencial à vida dos organismos aquáticos e baixas concentrações na água podem causar atraso no crescimento, redução na eficiência alimentar, aumento na incidência de doenças e na mortalidade dos peixes, resultando uma redução na produção e produtividade dos sistemas aquaculturais (Kubitza, 1998). A concentração de oxigênio dissolvido da água esta intimamente ligada a sua temperatura, e a solubilidade do oxigênio diminui à medida que a temperatura aumenta, em alta temperatura ocorre um consumo mais acelerado de oxigênio. O consumo de oxigênio varia com a espécie, tamanho, estado nutricional e o grau de atividade dos peixes, a concentração de oxigênio e a temperatura da água, entre outros (Kubitza, 1998), devido a isso a mínima concentração que um peixe pode tolerar vai depender da temperatura da água e da espécie em questão.

A respiração de animais e plantas é uma das principais causas de variação na concentração de oxigênio dissolvido na água, e quanto maior a quantidade de animais no ambiente maior o consumo de oxigênio (Baldisserotto, 2009), sendo que os processos físicos, químicos e biológicos também contribuem para essa variação. As plantas consomem oxigênio durante o dia e à noite, e à noite o consumo é maior e não há nenhuma atividade fotossintetizante. Durante o dia, o oxigênio é produzido por fotossíntese, processo através do qual as algas transformam o gás carbônico e a água em oxigênio e carboidratos na presença da luz e no período noturno a fotossíntese é interrompida, assim o oxigênio produzido durante o

dia é consumido pela respiração de animais e plantas. Os níveis mais baixos de oxigênio dissolvido na água são observados logo antes do nascer do sol, quando sua concentração pode atingir níveis iguais ou próximos à zero (Kubitza, 1998).

Peixes expostos a longos períodos a baixas concentrações de oxigênio dissolvido (hipóxia) desaceleram seu crescimento, não consomem e não conseguem converter o alimento eficientemente (Maffezzoli & Nuñez, 2006), tendo assim a sobrevivência prejudicada, sua capacidade reprodutiva afetada e baixa produtividade.

Segundo Kubitza (2000) a tilápia começa a reduzir sua atividade com a concentração de oxigênio dissolvido atinge 45 a 50% da saturação, que é aproximadamente de 3 a 3,5 mg L⁻¹, a 28-30°C, portanto diminuindo o consumo de oxigênio, sendo a concentração crítica de oxigênio (grande desconforto) para as tilápias está entre 20 a 10% da saturação a temperaturas entre 26 a 35°C, ou seja, entre 1,6 a 0,7 mg L⁻¹. Cada espécie possui o seu limite ideal de oxigênio dissolvido na água para sua sobrevivência, com tudo, valores acima de 4 mg L⁻¹ de oxigênio dissolvido apresentam boas condições para criação de peixes.

2.5.3 pH (potencial hidrogeniônico)

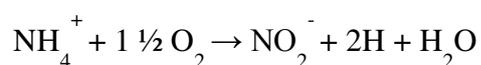
O pH da água para cultivo de tilápias deve ser a mesma que a de outras espécies aquáticas, onde valores de 6,0 a 8,5 são considerados ótimos para o cultivo (New, 1990; Kubitza, 2003). Valores abaixo ou acima da faixa ótima podem ter efeitos tóxicos sobre os peixes ou adversos sobre a produtividade natural dos viveiros (Proença & Bittencourt, 1994).

Segundo Kubitza (2000) valores de pH inferiores ou iguais a 4,0 acarretam uma baixa sobrevivência, enquanto que no pH 3,0 a mortalidade se dá entre 1 e 3 dias, no pH 2,0 a mortalidade total ocorre em apenas 12 horas, e os principais fatores determinantes do pH na água são o dióxido de carbono (CO₂) e a concentração de sais em solução. No entanto, mesmo altas concentrações de CO₂ não são capazes de abaixar o pH da água para valores menores que 4,5. Condições de pH abaixo de 4,5 são resultantes da presença e diluição na água de ácidos minerais como o ácido sulfúrico (H₂SO₄), clorídrico (HCL) e nítrico (HNO₃), que são compostos tóxicos aos peixes (Kubitza, 2003). Baixos valores de pH acarretam uma grande produção de muco e irritação nas brânquias.

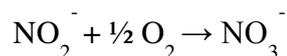
2.5.4. Compostos nitrogenados

Segundo Pillay & Kutty (2005), os níveis de amônia e nitrito no ambiente aquícola são preocupantes e ganham importância, principalmente, em sistemas fechados como de recirculação e Bioflocos, durante o transporte de animais vivos, pois a presença desses compostos demanda atenção mesmo em baixas concentrações, inferiores a 0,5 mg.L⁻¹ N-NH₃ e 1 mg.L⁻¹ N-NO₂⁻.

Segundo Esteves, (1998) uma vez no ambiente aquático a amônia é oxidada, por bactérias do gênero *Nitrosomonas*, em nitrito (NO₂⁻):



O nitrito, produto desta reação, irá sofrer oxidação por ação de bactérias do gênero *Nitrobacter*, sendo transformado em nitrato (NO₃⁻), como segue:

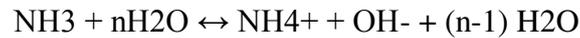


Os processos acima descritos ocorrem em condições aeróbias e são conhecidos como nitrificação. Já a redução do nitrito para amônia é conhecida como desnitrificação e se realiza em condições anaeróbicas, próprias de ambientes eutrofizados, em que ocorre a decomposição da matéria orgânica (Esteves, 1998).

A amônia é o produto de excreção da maioria dos organismos aquáticos, inclusive os peixes, é considerada um dos fatores limitantes na criação, devido ao seu alto índice de toxicidade, atingindo rapidamente concentrações tóxicas em sistemas intensivos e em sistemas fechados mal manejados, causando redução da sobrevivência, crescimento e até mesmo a morte dos animais (Urbinati & Carneiro, 2004).

A amônia é o principal composto de excreção nitrogenada decorrente do catabolismo proteico que ocorre em peixes (Hegazi, 2010). Serafini et al. (2009) comentam que as principais fontes de amônia em ambientes de cultivo é proveniente da própria excreção nitrogenadas dos peixes, da decomposição do material orgânico na água, por restos de ração no ambiente, através da introdução de fertilizantes no preparo dos viveiros de cultivo. Para Tavares (1995) valores entre 0,6 e 2,0 mg L⁻¹ para amônia são aceitáveis em sistemas de produção de peixes.

A amônia está presente na água sob duas formas: amônia ionizada NH_4^+ (forma pouco tóxica) e a amônia não ionizada NH_3 (forma tóxica). Amônia total refere-se à soma das duas formas de amônia presente na água ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$). Em soluções aquosas essas duas formas de amônia estão presentes, sendo representadas pela seguinte equação de equilíbrio (Emerson et al., 1975):



A proporção da amônia não ionizada (NH_3) e amônia ionizada (NH_4^+) são dependentes principalmente, do pH, da temperatura e da salinidade. Quanto maior o pH, maior a proporção de amônia não ionizada (Randall & Tsui, 2002).

A forma mais tóxica da amônia é a não-ionizada (NH_3), por ser de natureza lipofílica (Roumieh et al., 2012), a proporção da amônia não ionizada (NH_3) e amônia ionizada (NH_4^+) são dependentes principalmente, do pH, da temperatura e da salinidade. Quanto maior o pH, maior a proporção de amônia não ionizada (Randall & Tsui, 2002). Segundo Ruyet et al. (1995), sua toxicidade chega a ser de 300 a 400 vezes maior do que o íon amônio (NH_4^+), cujo transito é dependente de transporte ativo. Geralmente, a mortalidade massiva de peixes cultivados ocorre devido à combinação sinérgica entre baixo nível de oxigênio dissolvido e alta concentração de amônia presente na água (Serafini et al., 2009).

A porcentagem de NH_3 na amônia total esta inteiramente ligada ao pH do ambiente, quando o pH esta alcalino, maior será a sua porcentagem de toxicidade. Segundo Kubitza (2000) uma água com 2mg de amônia total pode conter apenas 0,0014mg de NH_3 /litro a pH 7,0 (0,7%) ou níveis tóxicos maiores que 1mg em água com pH acima de 9,3, a concentração de amônia não ionizada de 0,20mg.L⁻¹ deve servir como alerta no cultivo de tilápias.

El-Sherif & El-Feky (2008), ao submeterem tilápias nilóticas com cerca de 19g a quatro concentrações de N- NH_3 (0,01; 0,05; 0,1; e 0,15 mg L⁻¹) por 75 dias, observaram que com o aumento das concentrações de amônia, ocorreram menor consumo alimentar, menor ganho de peso, pior conversão alimentar, além de alterações nos índices hematimétricos testados.

Segundo Martinez et.al. (2006), a determinação das concentrações letais médias (CL50) de amônia para peixes, bem como dos efeitos das intoxicações agudas, são

importantes para o estabelecimento de critérios de qualidade de água. As concentrações letais que mata 50% dos animais (CL50) dependem da espécie de tilápia, do tempo de exposição, do tamanho do peixe, da pré-exposição ou adaptação a níveis sub-letais de amônia, entre muitos outros fatores. A CL50 para 24 a 96h de exposição varia de 2,3 a 6,6mg de $\text{NH}_3 \text{ L}^{-1}$. (Kubitza, 2000).

Em criação com altas taxas de arraçoamento deve-se ser feita o monitoramento semanal de amônia e pH, para um maior controle do nível de amônia no sistema. Segundo Kubitza (2000), o pH da água nos viveiros tem tendência a subir ao longo do dia, as medições de amônia e pH devem ser feitas ao final da tarde, quando a probabilidade de ocorrer problemas com toxidez por amônia é maior.

O nitrito (NO_2^-), assim como a amônia, é considerado composto nitrogenado tóxico para os organismos aquáticos e limitantes na produção de peixes, suas fontes são a oxidação da amônia em ambientes oxidantes e a redução do nitrato (NO_3^-) em ambientes redutores, sendo a primeira fonte mais comum nos sistemas aquícolas (Silva, 2013). Em sistema de criação em água doce e dependendo da espécie, concentrações de nitrito de 0,7 a 200 mg.L^{-1} , pode causar alta mortalidade de peixes no cultivo. Exposição contínua a níveis subletais de nitrito (0,3 a 0,5 mg L^{-1}) pode causar redução no crescimento e na resistência dos peixes às doenças (Kubitza, 1998). Em sistemas fechados com elevadas densidades de estocagem, o NO_2^- pode atingir rapidamente níveis possivelmente letais acima de 11,65 mg L^{-1} (Yanbo et al., 2006).

Segundo Silva (2013) as concentrações subletais do nitrito e amônia presente na água podem causar redução no crescimento, no consumo alimentar, comprometimento imunológico, além de mudanças histológicas degenerativas nas brânquias, fígado, rins, baço, cérebro, bem como nos tecidos tireoidianos e sanguíneo, etc.

De acordo com Kubitza (1998), a toxidez por nitrito pode ser identificada pela presença de metemoglobina (composto formado pela combinação do nitrito com a hemoglobina), que confere uma coloração marrom ao sangue, o que pode ser observado examinando as brânquias dos peixes. A toxidez por nitrito pode ser aliviada com aplicação de íons cloretos (Cl^-) na água, quando presentes na água em quantidades adequadas, associam-se aos receptores de nitrito nas células das brânquias dos peixes, impedindo a absorção deste composto tóxico.

Devido à frequência de ocorrência de contaminação pelo nitrito em cultivos de peixes, recebendo altos níveis de arrazoamento e que apresentem elevada concentração de amônia total e com baixos níveis de oxigênio dissolvido, as concentrações de nitrito na água devem ser monitoradas semanalmente, para um melhor controle da qualidade da água.

2.6. Probiótico

Devido ao estresse que os animais são submetidos durante a produção de alevinos, os animais ficam mais susceptíveis a doenças, podendo ocorrer grandes mortalidades e prejuízos econômicos na atividade. Com o objetivo de minimizar esse problema, estudos estão sendo realizados visando a substituição dos antibióticos na produção animal, especialmente em cultivos de organismos aquáticos (Nayak, 2010).

O uso de antibióticos com o objetivo de melhorar o ganho de peso e a conversão alimentar ocorreu inicialmente de forma discreta, evoluindo posteriormente para o uso amplo e generalizado na indústria de alimentação animal (Flemming, 2005). O uso de antibióticos tem apresentado sucesso limitado na prevenção ou cura de infecções. A restrição ao uso de antibióticos em doses sub - terapêuticas como aditivos na nutrição animal está crescendo, em todo o mundo, devido à possibilidade do desenvolvimento de resistência bacteriana (Furlan et al., 2004).

O uso do probiótico na aquicultura é uma das alternativas ao uso de antibióticos no controle de doenças (Gildberg et al., 1997; Nikoskelainen et al., 2001), e pode ser definido como um conjunto de microrganismos vivos, benéficos ao hospedeiro e a comunidade microbiana do meio aquático, suplementados aos alimentos, melhorando o balanço microbiano e a prevenção de doenças (Fuller, 1989). O uso de levedura como probiótico tem efeitos significativos em humanos e animais, no entanto, seus efeitos precisam ser ampliados em organismos aquáticos.

A utilização de um "pool" de microrganismos, também chamados de acelerador de compostagem (Embiotic®), prevê uma utilização eficaz sobre a qualidade da água. O Embiotic® é o resultado do cultivo composto de microrganismos anaeróbicos e aeróbicos com outras dezenas de microrganismos de diferentes atuações. Os principais são as bactérias produtoras de ácido láctico, as leveduras, bactérias fotossintéticas e fungos.

O probiótico comercial testado o Embiotic®, é uma mistura de culturas de microrganismos benéficos e não patogênico, pertencentes aos gêneros: *Saccharomyces sp.*, *Lactobacillus spp.*, *Mucor sp.*, *Streptomyces sp.*, e *Rodobacter sp.*, que em sua grande maioria já são utilizados na industrialização de alimentos, são inofensivos ao homem (FMO, 2006; Qi et al., 2009).

Segundo Pegorer et al. (1995) desde a década de 80 o EM foi desenvolvido no Japão com a finalidade de melhorar a utilização da matéria orgânica na produção agrícola, passando então, a realizar experiências com o Embiotic® em várias regiões daquele país. Castillo (2005) cita que estes microorganismos vêm sendo utilizado com bons resultados em alguns países, como no Brasil, para melhorar as condições químicas, físicas e biológicas do solo, sendo um probiótico (Embiotic®) que se destaca pela sua capacidade de melhorar a utilização da matéria orgânica na agricultura e por ser um produto agrícola de baixo custo, que não afeta o ambiente e o consumidor, podendo ser utilizado no tratamento de águas residuais, devido a sua habilidade de reduzir compostos tóxicos.

Em 1986 foi internacionalmente conhecido, e divulgado pelo Dr. Teruo Higa, agrônomo japonês, o qual reconheceu a importância benéfica da utilização desses microrganismos na agricultura. O probiótico (Embiotic®) se destaca pela sua capacidade de melhorar a utilização da matéria orgânica na agricultura produzindo melhores condições físicas, químicas e biológicas do solo, e por isso constituem um produto agrícola de baixo custo, que não afetar o ambiente e o consumidor (Castillo, 2005; FMO, 2006; Qi et al., 2009).

Na aquicultura, o probiótico Embiotic® é usado em água doce e em água salgada em culturas de diversas espécies, como camarão, tartarugas, carpas e enguias (Liu et al., 2006). Estudos comprovam que a aplicação desses probióticos na água de cultivo diminuiu o nível de carbono orgânico dissolvido melhorando a sua qualidade (Wu et al., 2004; Ye et al., 2004). Silva et al., 2008, utilizando probiótico Embiotic® em tanques de piscicultura evidenciaram que os níveis de amônia foram reduzidos, não interferindo em outras variáveis: temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, dureza da água, gás carbônico e alcalinidade.

3.5.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no laboratório de piscicultura do Centro de Ciências Agrárias (CCA), Campus II da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado na cidade de Areia, localizado na microrregião do Brejo Paraibano, localiza-se na Latitude 06°57'42''sul e Longitude 35°41'43'' oeste de Greenwich com altitude de 573 metros.

O experimento foi realizado no período de 21 de setembro a 28 de novembro de 2016, totalizando 67 dias de experimento, sendo sete dias de adaptação e sessenta dias de coletas de dados.

Utilizou-se no experimento tilápias do Nilo (*Oreochomis niloticus*) na fase juvenil, com peso médio inicial de $139,77 \pm 9,03$ g e comprimento padrão médio de $19,56 \pm 0,55$ cm, perfazendo um total de 240 peixes, individualmente pesados, medidos (comprimento) com o auxílio de régua de 30 cm e, distribuídos em 20 caixas d'água de fibra de vidro com capacidade de 310 Litros (Figura 1), em grupos de 12 indivíduos por caixa, utilizando a densidade de estocagem de 45 peixes m^{-3} . Para manter a temperatura da água dentro da faixa adequada de 25 a 30 °C, foram utilizados aquecedores submersos com termostato em todas as unidades experimentais e tratamentos, com temperatura controlada média de 28 °C (Figura 2). Cada unidade experimental recebeu aeração suplementar, por meio de um compressor Radial - 3 CV, para compensar possíveis perdas de oxigênio dissolvido na água.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos, quais sejam: sem recirculação de água (Controle); sistema de Bioflocos (BFT) sem recirculação; sistema de recirculação de água (RAS) + adição do probiótico (Embiotic®) e sistema de recirculação de água (RAS) com cinco repetições cada, com doze peixes por unidade experimental.



Para a realização do experimento, quatro sistemas independentes de criação foram utilizados, sendo duas com recirculação de água (RAS + Probiótico e RAS), o tratamento controle e o de bioflocos (BFT) não possuía o sistema de recirculação de água. Cada sistema consistiu de caixas d'água de fibra de vidro com volume útil de 260L de água doce. O sistema de recirculação de água foi mantido com a utilização de um compressor Radial - 3 CV, o qual permitiu uma recirculação de aproximadamente 65 vezes/dia do volume total de água de cada unidade experimental com recirculação de água (RAS + Probiótico e RAS).

A água foi captada do açude da própria piscicultura. No fundo de cada unidade experimental do tratamento com bioflocos foi montado um sistema de aeração (Figura 3) ligado a um compressor Radial - 3 CV, o mesmo utilizado para a recirculação da água e aeração dos demais tratamentos, o que forneceu uma aeração constante e uniforme permitindo assim a manutenção dos bioflocos em suspensão na coluna d'água.



Figura 3. Sistema de aeração do Bioflocos.

Os biofiltros utilizados nos sistemas de recirculação (RAS + Probiótico e o RAS), foram confeccionados no laboratório de piscicultura, cada filtro foi confeccionado com três tipos de substrato diferente, cada tipo de substrato possui uma superfície específica, que é a superfície de contato disponível para a fixação das bactérias, o biofiltro foi dividido em três camadas de substratos, a primeira com conduites corrugado cortados em 2cm de espessura, a segunda com carvão vegetal e terceira e última brita 0 (Figura 4).

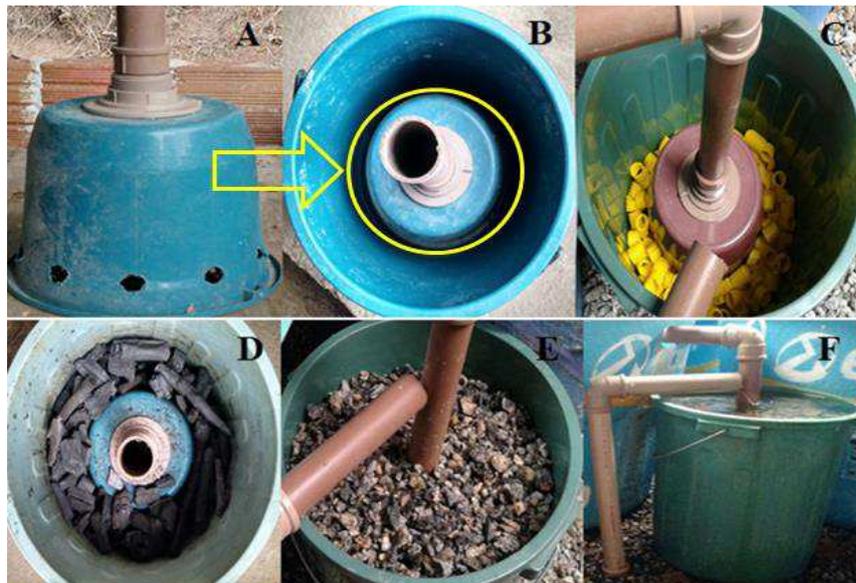


Figura 4. Filtro biológico. (A e B) parte interna do filtro. (C) Primeira camada do filtro com conduites elétricos. (D) Segunda camada de carvão vegetal. (E) Terceira camada com brita 0. (F) sistema de recirculação (Filtro).

A limpeza das caixas foi feita, diariamente, por sifonagem do fundo e limpeza dos filtros dos tratamentos com recirculação (RAS + Probiótico e o RAS) às 16:30h. A temperatura e os níveis de oxigênio dissolvido na água (mg.L^{-1}) foram aferidos diariamente duas vezes ao dia, às 08h e às 16h em todas as unidades experimentais com o auxílio do Oxímetro digital Lutron DO-5519). As análises de qualidade de água (amônia, nitrito, pH, alcalinidade), foram realizadas semanalmente em todos os tratamentos e da água do açude (Tabela 1). A alcalinidade foi determinada segundo GOLTERMAN et al. (1978), a amônia e nitrito foram determinados segundo o Standard Methods, (1998), o pH determinado com auxílio do pHmetro.

Tabela 1. Valores médios das variáveis físico-químicas da qualidade da água do açude.

Parâmetros	Açude (Média)
Ph	6,9
Amônia (mg L ⁻¹ NH ₃ +NH ₄)	0,66
Nitrito (mg.L ⁻¹ NO ₂)	0,10
Alcalinidade (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	8,25

Os animais foram submetidos à biometria semanalmente para o acompanhamento do seu peso e tamanho para reajuste de ração semanalmente, sendo este procedimento realizado com todos os animais da população de cada unidade experimental, utilizando balança digital de precisão e réguas de 30 cm, sendo a pesagem dos animais realizada antes da primeira alimentação do dia.

Foi utilizada ração comercial extrusada com 32% de proteína bruta (PB) e pellets de seis milímetros de diâmetro, reajustados semanalmente após as realizações das biometrias. Durante o período experimental, os animais foram alimentados quatro vezes ao dia (às 08h, 10h, 14h, 16h). Foram avaliados o ganho de peso (GP), a taxa de crescimento específico (TCE) e a sobrevivência dos animais para cada tratamento testado.

No ultimo dia do período experimental os peixes foram submetidos a um jejum de 24h, sedados em gelo, pesados em balança de precisão e medidos com réguas de 30cm. Os índices de desempenho foram avaliados considerando os seguintes parâmetros:

- Ganho de peso (g):

$$GP = Pf - Pi$$

Em que Pi é o peso inicial e Pf é o peso final

- Taxa de crescimento específico (% crescimento dia.⁻¹):

$$TCE = \frac{100 \times (\ln Pf - \ln Pi)}{\text{Dias}}$$

Dias

Em que lnPi é o logaritmo natural do peso inicial e lnPf o logaritmo natural do peso final.

3.1 Manejo do Bioflocos

Durante os três primeiros dias de cultivo no sistema BFT, foi aplicado o melaço de cana-de-açúcar como fonte de carbono para induzir a formação dos Bioflocos (Figura 4). A proporção de melaço utilizada foi de acordo as análises realizadas a cada dois dias para determinar a quantidade de nitrogênio no ambiente cultivo, de forma a estabelecer a relação C:N em aproximadamente 20:1 (Avnimelech, 1999).

Não houve renovação de água durante o período do estudo, somente foi adicionada água doce, quando necessário para reposição das perdas por evaporação, mantendo assim o mesmo nível de água durante o período de estudo.



Figura 5. Evolução do aspecto da água da caixa, durante o período experimental. (A) Água no 9º dia, ainda transparente e levemente esverdeada. (B) No 17º dia a água estava começando a apresentar aspecto amarronzado. (C) No 29º dia, formação da espuma na superfície e grande quantidade de limo aderido à parede da caixa. (D) Redução da quantidade de espuma e aparecimento dos bioflocos em suspensão, por volta do 38º dia.

A concentração de nitrogênio da amônia no sistema BFT foi aferida por titulometria a cada dois dias através de um espectrofotômetro. Esse controle tem como objetivo manter os níveis de nitrogênio da amônia abaixo, ou muito próximos, de 1mg/L.

Durante todo o período experimental, as variáveis físico-químicas (temperatura da água e o oxigênio dissolvido na água (mg L^{-1}) foram mensuradas duas vezes ao dia, às 08h e às 16h, em todas as caixas com o auxílio do Oxímetro digital Lutron DO-5519. O pH, nitrito (NO_2), amônia total (NH_4+NH_3) e a alcalinidade, foram aferidos a cada dois dias. A

alcalinidade foi determinada segundo (Golterman et al. 1978), a amônia e nitrito foram determinados segundo (Standard Methods, 1998), o pH determinado com auxílio do pHmetro de bancada. Foi mensurado diariamente os sólidos sedimentares presentes na água de cultivo através do uso de provetas 1000 mL, que determinar o volume de Bioflocos (sólidos sedimentares) por litro de água e sólidos totais foi mensurados semanalmente.

Para calcular a relação carbono/nitrogênio deve-se estabelecer a concentração de carbono orgânico total do sistema. O carbono orgânico total é a concentração de carbono orgânico na água, oxidado a CO₂ em um forno a alta temperatura e quantificado por meio de analisador infravermelho. Após calcular o carbono orgânico total, o próximo passo é determinar o Nitrogênio total, que é a soma do Nitrogênio proveniente da amônia, do nitrito do sistema. Posteriormente, foi feita divisão do total de carbono orgânico com o total de nitrogênio e estabelecer a relação C/N (Carbono/Nitrogênio) da água de cultivo (Martins et al., 2014).

Aplicações de uma fonte de carbono - o melão líquido foi utilizado como fonte de carbono. Como as rações com 32 e 40% de proteína possuem relação C/N próxima de 8:1, a quantidade de melão aplicada foi estimada de modo a prover mais 12:1 de C/N, para se chegar a uma relação próxima de 20:1, considerada adequada para o desenvolvimento das bactérias heterotróficas. Assim, com base nos valores médios semanais de amônia total (78% de N) e de nitrito (30% de N), foi calculada a quantidade de material carbonáceo (melão líquido) a ser aplicada na água. Os cálculos foram realizados da seguinte maneira:

- Valor de nitrogênio na amônia:

$$N \text{ Amônia} = A \times 0,78$$

Em que A é a quantidade de amônia mg/l presente na água.

- Valor de nitrogênio no nitrito:

$$N \text{ Nitrito} = \text{Nitrito} \times 0,30$$

Em que Nitrito é a quantidade de nitrito mg/l no presente na água.

- Valor de Nitrogênio:

$$N = (N \text{ Amônia} + N \text{ Nitrito}) \times 260/1000$$

Em que 260 é o volume de água em cada unidade experimental.

- Quantidade de melação a ser adicionada

$$\text{Melaço} = N \times 12$$

Considerando que em média as rações apresentam 8% de carbono, e o objetivo é manter uma relação de 20:1 de C:N.

A aplicação do melação era feita a cada dois dias após as análises de amônia e nitrito, pois eram utilizados os resultados para fazer os cálculos da relação carbono/nitrogênio no sistema.

3.2 Manejo do Sistema de Recirculação de água com adição de probiótico

3.2.1 Ativação do probiótico comercial (Embiotic®)

Durante o período experimental foram realizadas aplicações do Embiotic® numa diluição 40ml em cada unidade experimental, duas vezes por semana, para o tratamento da água das caixas d'água experimentais referente ao tratamento 3.

O probiótico (Embiotic®) testado foi aplicado na diluição sugerida pelo fabricante (1:10.000). Para a ativação do Embiotic® foi necessário o preparo de uma solução mantendo a relação de 8:1:1 de água, açúcar mascavo e Embiotic®, respectivamente. A ativação do Embiotic ocorre após cinco dias, tendo prazo de validade de 7 a 10 dias após o preparo.

3.3 Análise estatística

Ao final do experimento as análises estatísticas dos dados foram submetidos à análise de variância, com delineamento casualizado (DIC) com parcelas subdivididas no tempo, em nível de 5% de probabilidade através do programa estatístico SAS 9.2.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variáveis físico-químicas da qualidade da água

As variáveis físico-químicas da água não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P \leq 0,05$) para temperatura e pH, apresentando médias de 28,41°C e 6,22, respectivamente, mantendo-se dentro da faixa ideal para o bom desenvolvimento da espécie (Tabela 2). Os valores encontrados de temperatura e pH, encontram-se dentro daqueles recomendados (Sipaúba Tavares, 1995) para a produção de peixes de clima tropical, e a semelhança de temperatura da água entre os tratamentos deve-se as condições controladas no laboratório, com pouca influencia das condições externas. As mudanças no pH determinam a estabilidade dos flocos no sistema de bioflocos (Mikkelsen et al., 1996).

Tabela 2. Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis físico-químicas da qualidade da água durante o cultivo da tilápia do Nilo, submetida a diferentes ambientes de cultivo.

Variáveis	Tratamentos			
	Controle	Bioflocos (BFT)	RAS + Probiótico	RAS
Temperatura (°C)	28,99 \pm 1,02 ^a	27,55 \pm 1,79 ^a	28,80 \pm 0,71 ^a	28,25 \pm 1,09 ^a
Ph	6,21 \pm 0,64 ^a	5,74 \pm 0,47 ^a	6,55 \pm 0,42 ^a	6,35 \pm 0,36 ^a
Alcalinidade total (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	6 \pm 2,54 ^a	9,72 \pm 6,93 ^a	6,38 \pm 3,84 ^a	6,22 \pm 3,94 ^a
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	3,98 \pm 1,24 ^{bc}	4,04 \pm 1,12 ^a	3,88 \pm 1,11 ^{ab}	3,79 \pm 0,88 ^c
Amônia total (mg L ⁻¹ NH ₃ +NH ₄)	1,61 \pm 0,83 ^b	6,35 \pm 1,99 ^a	0,79 \pm 0,59 ^c	0,93 \pm 0,55 ^{cb}
Nitrito (mg L ⁻¹ NO ₂)	0,78 \pm 0,47 ^a	1,05 \pm 0,35 ^a	0,78 \pm 0,41 ^a	0,68 \pm 0,43 ^a

Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa ($P \leq 0,05$).

A alcalinidade foi semelhante ($P \leq 0,05$) entre os tratamentos, apresentando médias de 7,02 mg L⁻¹ (Tabela 1, Figura 6), mantendo-se abaixo da faixa ideal para o desenvolvimento da espécie, o que pode prejudicar o desenvolvimento dos peixes. Esta baixa alcalinidade foi decorrente da fonte de água utilizada, que era de 8,25 mg L⁻¹ CaCO₃ (Tabela 1), e a decomposição de fezes de peixe (alimento não digerido) e dos alimentos não consumidos liberam CO₂ livre na água, que diminui a alcalinidade (Ebeling et al., 2006), portanto quanto mais alimento artificial for proporcionado aos peixes, menor a alcalinidade total (Furtado et al., 2011). Águas com alcalinidade acima de 20 mg L⁻¹ CaCO₃, minimiza as mudanças bruscas do pH (Tavares & Moreno, 1994; Tavares, 1995; Popma & Lovshin, 1995), e este valor, também pode ser considerado baixo para a manutenção do efeito tampão, que aumenta

com o aumento da alcalinidade (Martins, 2007), portanto, valores de alcalinidade total acima de $30 \text{ mg CaCO}_3\text{L}^{-1}$. são adequados para garantir um bom funcionamento do sistema tampão da água (Kubitza, 1998a). Azim & Little (2008) avaliando a qualidade da água em sistema com e sem bioflocos, obtiveram alcalinidade total variando de 8 a 250 mg L^{-1} de CaCO_3 no tratamento com bioflocos, confirmando que as oscilações observadas nesta variável é comum neste sistema de produção de tilápia.

Segundo Ebeling et al. (2006) o consumo de carbonato de cálcio (CaCO_2) por bactérias heterotróficas, como fonte de carbono ($3,57\text{g.g}^{-1}$), ainda que de forma moderada, é um aspecto importante em sistemas com troca de água limitada, sendo necessário a adição de carbonatos para manter a alcalinidade em níveis aceitáveis, no entanto neste trabalho todos os tratamentos apresentaram baixos valores de alcalinidade, tendo em vista a baixa renovação de água.

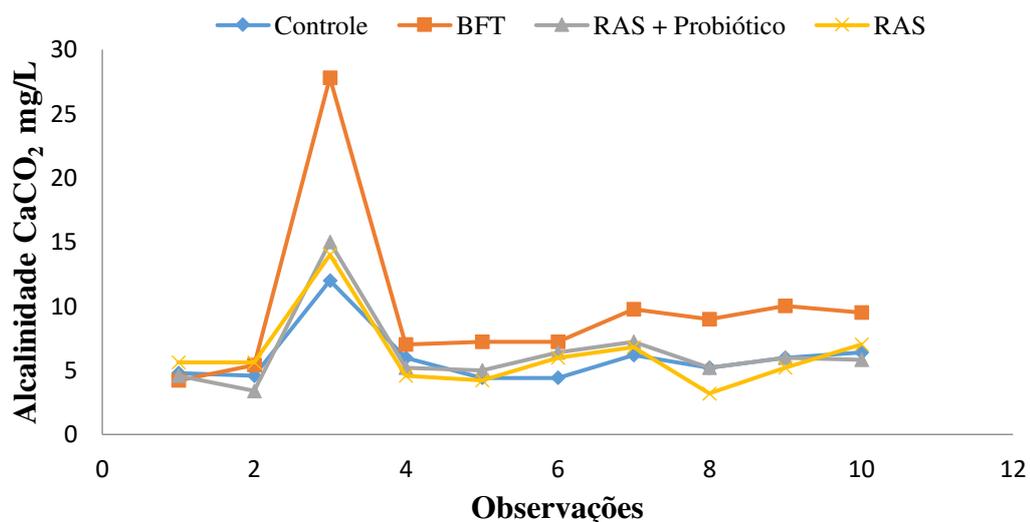


Figura 6. Variação da alcalinidade total ($\text{CaCO}_2 \text{ mg L}^{-1}$) durante o cultivo da tilápia do Nilo, submetida a diferentes ambientes de cultivo.

A concentração de oxigênio dissolvido apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($P \leq 0,05$), com variação de $1,00$ a $7,24 \text{ mg L}^{-1}$, com média entre os tratamentos de $3,92 \text{ mg L}^{-1}$. Para os tratamentos Controle, Bioflocos (BFT), RAS + Probiótico e RAS, as respectivas médias foram de $3,98$; $4,04$; $3,88$ e $3,79 \text{ mg L}^{-1}$, e valores acima de 4 mg L^{-1} de oxigênio dissolvido apresentam boas condições para criação de tilápia do Nilo, portanto, este parâmetro pode ser considerado adequado. A maior oxigenação do sistema de Bioflocos pode ser devido a utilização de mangueiras micro perfuradas (Figura 3), enquanto a oxigenação dos

demais tratamentos foram feitas por mangueira de aquário com pedra porosa na ponta. Esta variável é considerada umas das mais importantes para aquicultura, pois o peixe precisa para sua manutenção, locomoção, alimentação e biossíntese (Tran-duy et al., 2008).

Diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamentos foram observadas para amônia total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4 \text{ mg L}^{-1}$), com concentração mais elevada no sistema de Bioflocos (Tabela 2), sendo que todos valores para amônia estiveram dentro dos limites seguros para o cultivo de Tilápia do Nilo, onde valores entre 0,6 e 2,0 mg.L^{-1} de amônia total, são aceitáveis em sistemas de produção de peixes (Sipaúba Tavares, 1995). A maior media de concentração de amônia total foi de $6,35 \pm 1,99 \text{ mg.L}^{-1}$ no Bioflocos e a menor de $0,79 \pm 0,59 \text{ mg.L}^{-1}$ no RAS, este último com concentrações abaixo dos níveis considerados tóxicos para tilápia do Nilo que são de $2,00 \text{ mg.L}^{-1}$ (Sipaúba Tavares, 1995). Luo et al. (2014) registraram oscilações com valores máximos de compostos nitrogenados, principalmente amônia (60 mg.L^{-1} NAT (Nitrogênio Amoniacal Total) $\sim 75 \text{ mg.L}^{-1}$ amônia total) e nitrito (119 mg.L^{-1} N- $\text{NO}_2 \sim 390,9 \text{ mg.L}^{-1}$ NO_2) em cultivo de tilápia em sistema de Bioflocos. Segundo Lima et al. (2015) essas oscilações são comuns nesse sistema de cultivo, principalmente quando utiliza Bioflocos de um cultivo anterior, cuja variação pode ocorrer simplesmente por uma queda de oxigênio quando aplica grandes quantidades de melação ou ração (Lima et al., 2015) e quando não há renovação de água.

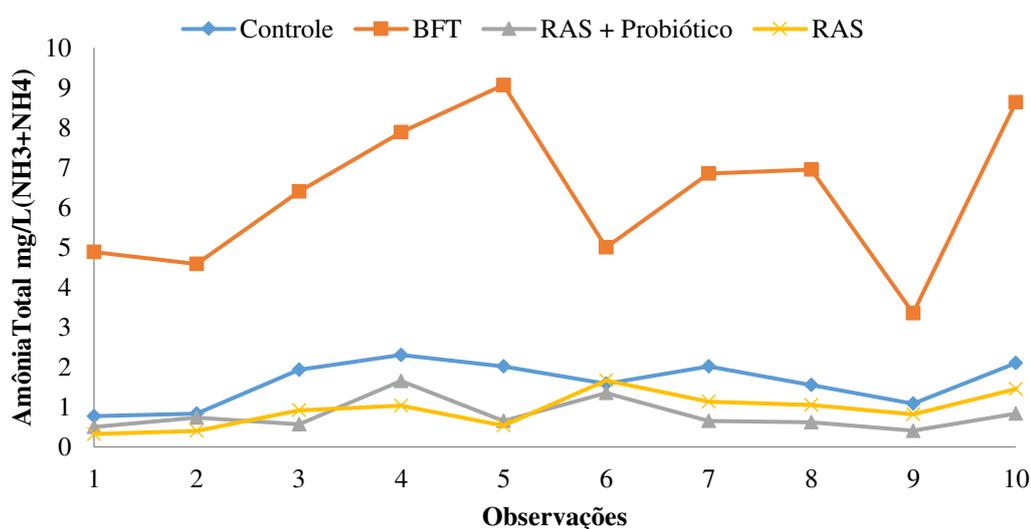


Figura 7. Concentrações de amônia total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4 \text{ mg.L}^{-1}$) durante o cultivo da tilápia do Nilo, submetida a diferentes ambientes de cultivo.

No tratamento Controle, RAS + Probiótico e o RAS a variação da amônia total foi de 0,77 a 2,09; 0,32 a 2,30; 0,32 a 1,60 mg L⁻¹, respectivamente, estando dentro dos limites seguros para o cultivo de tilápia (Figura 5). No Bioflocos a variação da amônia total foi de 3,35 a 9,06 mg L⁻¹, provavelmente a alta concentração de amônia total, devido a falta de renovação da água no sistema de cultivo, que permaneceu a mesma até o final do período experimental, sendo que nos demais tratamentos (controle, RAS + Probiótico e o RAS) tinham uma renovação diária de 10% do volume total da caixa d'água, afim de retirar restos de ração do sistema. A variação da amônia total encontrada por Lima et al. (2015) foi de 0,25 a 8,44mg L⁻¹, equivalente a 0,37 mg L⁻¹ de N-NH₃ (amônia não ionizada), estando abaixo da concentração letal (CL50), para tilápias. Observa-se que a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) possui uma resistência a toxidez dos compostos nitrogenados na presença de bioflocos. Segundo Hayashi (2002) as tilápias são mais tolerantes a elevada temperatura da água, ao baixo teor de oxigênio dissolvido e a altas concentrações de amônia que a maioria das espécies de peixes de água doce cultivada.

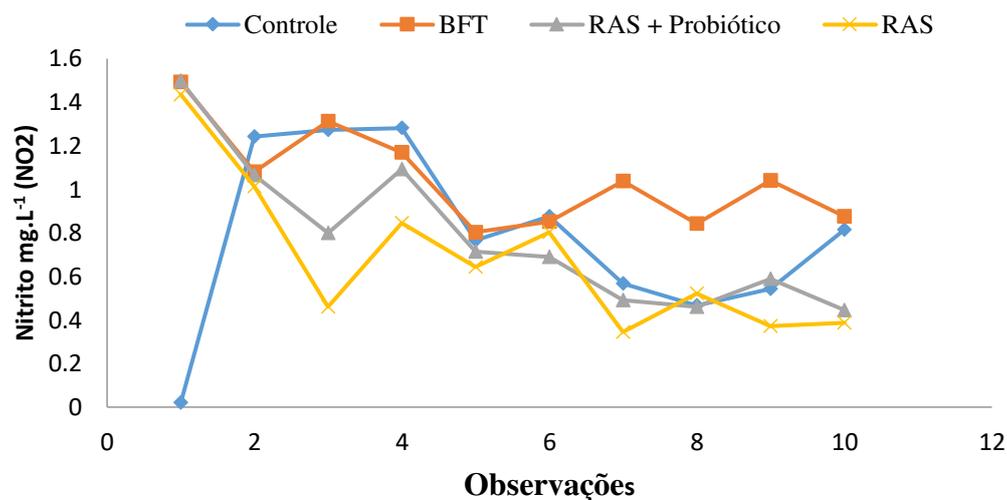


Figura 8. Concentrações de nitrito mg.L⁻¹ (NO₂) durante o cultivo da tilápia do Nilo, submetida a diferentes ambientes de cultivo

Não houve diferença significativas em relação à concentração de nitrito entre os tratamentos, com média de concentração de 1,05 ± 0,35 mg.L⁻¹ no Bioflocos de 0,68 ± 0,43 mg L⁻¹, permanecendo em níveis aceitáveis para o cultivo de tilápia (Lima et al., 2015). Segundo Baldisserotto (2009) a concentração letal para nitrito para tilápias é acima de 28,1 mg L⁻¹ com pH a 7,98, que podem causar 50% de mortalidade após quatro horas de exposição.

No sistema de Bioflocos, a exigência do controle do ambiente é bem maior em relação aos demais tratamentos, pois as bactérias presentes dependem da alcalinidade, do nitrogênio total na água (amônia $\text{NH}_4 + \text{NH}_3$ e nitrito NO_2), e uma boa oxigenação para que elas possam metabolizar o nitrogênio total da água, proveniente da excreção dos peixes, em forma de amônia e resto (sobras) de ração que fica no sistema. O controle da relação Carbono:Nitrogênio (C:N) utilizado foi o de 20:1, utilizando melão como fonte de carbono para se manter esta relação, mantendo o ambiente ideal para o cultivo de tilápias nesse tipo de sistema.

A alcalinidade foi similar entre os tratamentos, porém exigência no sistema de Bioflocos é bem maior em relação aos outros tratamentos, pois há o consumo de carbonato de cálcio pelas bactérias presentes no ambiente e do próprio animal. Com a manutenção adequada da alcalinidade no ambiente de cultivo contribui para minimizar as alterações de pH decorrentes de processos fotossintéticos e respiratórios (Van wyk et al., 1999), a água do cultivo com baixa alcalinidade inicial podem vir a ser um problema, principalmente em sistemas onde a renovação de água é limitada (Ebeling et. al., 2006), fator que altera o processo de oxidação da amônia a nitrito pelas bactérias nitrificantes (Feng et al., 2008). No processo de nitrificação ocorre na oxidação do nitrogênio amoniacal para nitrito e a oxidação do nitrito para nitrato por bactérias nitrificantes, ao oxidarem a amônia a nitrato reduzem os níveis de alcalinidade na forma de carbonatos e bicarbonatos.

Correia et al. (2014) relataram que as bactérias *Nitrobacter* oxidantes de nitrito, são lentas no seu desenvolvimento quando comparadas com as bactérias *Nitrosomonas* oxidantes da amônia. Para cada grama de nitrogênio amoniacal oxidada para nitrito são consumidos em média 4,18g de oxigênio e 7,07g de alcalinidade (reduzindo pH) e são produzidos 0,17g de biomassa bacteriana (Chen et al., 2006), já para Ebeling et al. (2006), cada grama de nitrogênio amoniacal convertido em biomassa microbiana heterotrófica consome 4,71g de oxigênio, 3,57g de alcalinidade e 15,17g de carboidratos e produz 8,07g de biomassa microbiana e 9,65g de dióxido de carbono. Assim, devido ao processo de nitrificação que ocorre no sistema de Bioflocos, o consumo de carbonato de cálcio (CaCO_3) é maior em relação aos demais sistemas testados (tratamentos).

4.2 Desempenho e índice zootécnico

Houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os parâmetros zootécnicos avaliados, onde o peso médio final dos peixes nos tratamentos RAS + Probiótico (256,93g) e RAS (285,38g) foram similares e mais elevados, e o sistema de Bioflocos (159,22g) apresentou as médias mais baixas (Tabela 3). Os resultados com o uso do probiótico foram semelhantes aos relatados por Padilha (2005), avaliando o mesmo probiótico (Embiotic®) as condições ambientais as quais os peixes estavam expostos evidenciava condições estáveis para qualidade da água inferida pela estabilidade do pH, e concentrações de amônia, de nitrito que permaneceram estáveis durante o período de estudo. Widanarni et al. (2012) ao estudarem a aplicação do sistema de bioflocos no cultivo da tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*) encontraram o menor peso final de 129,03g na densidade de 100 peixes m^{-3} . Azim & Little (2008) observaram que tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) estocadas na densidade de 12Kg m^{-3} tiveram pesos individuais 10% maiores nos tratamentos com bioflocos (BFT) e esses contribuíram com 45% para o ganho de peso individual, bem como para a produção de peixes.

No presente estudo, durante todo período experimental, o ganho de peso dos peixes no sistema de Bioflocos (BFT), foram menor em relação aos outros tratamentos. Provavelmente, os baixos valores de pH, baixa alcalinidade, observados influenciaram este resultado.

Tabela 3. Desempenho e índices zootécnicos da tilápia do Nilo, submetida a diferentes ambientes de cultivo.

Variáveis	Tratamentos			
	Controle	Bioflocos (BFT)	RAS + Probiótico	RAS
Peso inicial (g)	143,34 ± 13,40 ^a	135,60 ± 8,75 ^a	137,20 ± 6,85 ^a	142,96 ± 5,10 ^a
Peso final (g)	222,54 ± 49,25 ^b	159,22 ± 80,70 ^c	256,93 ± 8,12 ^{ab}	285,38 ± 9,11 ^a
Comprimento inicial (cm)	19,98 ± 0,38 ^a	19,54 ± 0,60 ^a	19,56 ± 0,51 ^a	19,17 ± 0,55 ^a
Comprimento final (cm)	23,03 ± 1,85 ^{cb}	22,19 ± 0,50 ^c	24,26 ± 0,23 ^b	25,90 ± 1,43 ^a
Ganho de peso (g)	78,21 ± 46,03 ^{cb}	23,62 ± 94,42 ^c	119,74 ± 7,92 ^{ab}	142 ± 13,52 ^a
GPD ($g \cdot dia^{-1}$)	1,30 ± 0,77 ^{bc}	0,39 ± 1,57 ^c	2,00 ± 0,13 ^{ab}	2,37 ± 0,22 ^a
TCE ($\% \cdot dia^{-1}$)	0,32 ± 0,17 ^{bc}	0,12 ± 0,13 ^c	0,45 ± 0,03 ^{ab}	0,50 ± 0,03 ^a
Sobrevivência (%)	70,00 ± 33,58 ^a	63,33 ± 35,20 ^a	85,00 ± 18,56 ^a	88,33 ± 8,50 ^a

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos. GPD – Ganho médio de peso diário, TCE – Taxa de crescimento específico.

O sistema de bioflocos apresentou menor ganho de peso, e a principal função do bioflocos é a reciclagem de nutrientes a fim de estimular o crescimento de bactérias heterotróficas que convertem nitrogênio total presente no sistema em flocos microbianos, ricos em proteína bruta (Lima, 2015), aproximadamente 61 % de proteína bruta, o que provavelmente não ocorreu nas condições do experimento. Isso pode acontecer em razão das bactérias presentes no sistema não tenham conseguido se estabilizar no sistema, devido a baixa concentração de carbonato de cálcio ($9,72 \text{ mg L}^{-1}$) presente na água, sendo esse um dos fatores limitantes para que as bactérias possam metabolizar o nitrogênio total na água e transforma-lo em floco microbianos. Os flocos microbianos são um conjunto de protozoários, bactérias, detritos orgânicos e inorgânicos, que além de controlar os compostos nitrogenados servem de suplemento alimentar para os animais de cultivo (Crab et al., 2007; Avnimelech, 2007; Schryver et al., 2008; Asaduzzaman et al., 2010).

No comprimento final, o sistema de recirculação (RAS) apresentou o valor mais elevado em relação aos demais tratamentos ($P \leq 0,05$), e o tratamento RAS + probiótico foi superior ao sistema de Bioflocos e o controle semelhante aos dois últimos sistemas citados. O comprimento final está relacionado ao peso final, que quanto mais elevado, maior será o comprimento final, e os animais do Bioflocos tiveram média de peso final de 159,22g e média do comprimento final de 22,19cm, onde o comprimento final foi semelhante para o controle, porém os animais estavam mais pesados com média de 222,54g, isso explica o ganho de peso que foi menor no Bioflocos e o controle numericamente maior, mas sem diferença estatística, os animais ao fim do experimento do Bioflocos estavam compridos mais, porém esguios (magros) e os demais tratamentos que ganharam mais peso (Tabela 3).

O ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GDP), taxa de crescimento específico (TCE), apresentaram diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os tratamentos, onde os peixes dos tratamentos RAS + Probiótico e o RAS (RAS - sistema de recirculação de água) obtiveram melhores valores ($P \leq 0,05$) para o peso final, comprimento final, ganho de peso (GP), ganho de peso médio diário (GPD) e taxa de crescimento específico (TCE). Pode-se observar que o tratamento RAS se consolidou como o mais eficiente nestas condições de cultivo. Deve-se ressaltar que as tilápias quando mantidas em condições adequadas de manejo (nutricionais e sanitárias), muitas vezes não são constatados efeitos da inclusão de probióticos sobre seu desempenho (Lima et al., 2003), e a possibilidade de contato desses animais com situações estressante é menor (Zuanon et al., 1998; Loddi et al., 2000).

A taxa de sobrevivência dos peixes entre os tratamentos foram similares, com médias no controle, Bioflocos, RAS + Probiótico e RAS de $70,00 \pm 33,58$; $63,33 \pm 35,20$; $85,00 \pm 18,56$; $88,33 \pm 8,50$ %, respectivamente. O motivo da elevada mortalidade em todos os tratamentos pode ser devido ao desligamento dos sistemas em algumas ocasiões, como para manutenção do sistema ou pela falta de energia elétrica, sendo que o tratamento do Bioflocos foi o mais afetado, o que pode ser atribuído ao maior consumo de oxigênio pelos os peixes, pela maior biomassa microbiana e pelo processo de oxidação da matéria orgânica acumulada nos tanques de cultivo. No entanto a taxa de sobrevivência numericamente foi mais alta no tratamento RAS (sistema de recirculação de água), devido à concorrência por oxigênio no sistema ser menor. Graeff et al. (2004) relataram que as taxas de sobrevivência entre 85,29 e 96,47% são consideradas ótimas para tilápias do Nilo produzidas em sistemas intensivos de produção.

A taxa de sobrevivência nos tratamentos RAS + Probiótico ($85,00 \pm 18,56$) e no RAS ($88,33 \pm 8,50$) foram semelhantes aos encontrados por Coêlho et al. (2014), que relataram taxas de sobrevivência de 85,00 %, com densidades de 10 alevinos m^{-3} em um sistema de recirculação de água.

O cultivo de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de recirculação de água com filtros individualizados são indicados, onde normalmente os sistemas de recirculação de água são com filtro único para todas caixas, que neste experimento cada caixa teve seu próprio filtro, que provavelmente, isso facilitou o trabalho das bactérias nitrificantes presentes no sistema.

A utilização de probiótico adicionado a água de cultivo no sistema de recirculação de água, obteve resultados semelhantes ao RAS sem a adição de probiótico, sendo assim não influenciando no desempenho zootécnico das tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e muito menos nas variáveis de qualidade da água.

5. CONCLUSÕES

O sistema de recirculação de água (RAS) propiciou melhor desempenho zootécnico, melhor qualidade física e química de água, e é mais vantajoso, já que propicia maior economia de água nos sistemas de produção. , melhora na qualidade da água do cultivo e a menor liberação de efluentes, causando menor impacto ambiental.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asaduzzaman, M., Wahab, M. A., Verdegem, M. C. J., Adhikary, R. K., Rahman, S.M.S., Azim, M. E., Verreth, J.A.J. Effects of carbohydrate source for maintaining a high C:N ratio and fish driven re-suspension on pond ecology and production in periphyton-based freshwater prawn culture systems. *Aquaculture*, v.301, p.37-46. 2010.
- Avnimelech, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, v.176, p.227-235, 1999.
- Avnimelech, Y. Tilapia harvest microbial flocs in active suspension research pond. *Global Aquaculture Advocate*, p.57-58, 2005.
- Avnimelech, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, v.264, p.140-147, 2007.
- Avnimelech, Y. *Biofloc Technology: a practical guide book*. Baton Rouge, Louisiana: World Aquaculture Society, p.182, 2009. Volume
- Avnimelech, Y. Tilapia production using biofloc technology - saving water, waste recycling improves economics. *Global Aquaculture Advocate*, p.66-68 May/June 2011.
- Avnimelech, Y. *Biofloc Technology - A Practical Guide Book*, 2d Edition. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, United States. 271p. 2012.
- 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, p.29-35, 2008.
- Baldisserotto, B. *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*/Bernado Baldisserotto. 2.ed. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2009. 352p.
- Braz Filho, M. S. P. *Qualidade na Produção de Peixes em Sistema de Recirculação de Água*. São Paulo, p.41, 2000.
- BRASIL. *Produção da pecuária municipal*. Rio de Janeiro, v.43, p.1-49, 2015.
- Carrillo. M.; Romagosa. E. Efeito do choque térmico quente em ovos de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*): tempo pós -fertilização e duração do processo na sobrevivência das larvas. *Boletim do Instituto de Pesca*, v.31, p.55-64, 2004.
- Castillo, H. M. R. *Capacidad degradativa de los consórcios microbianos del desecho pesquero Sanguaza contaminante del Puerto Malabrigo, Perú*. Trujillo, Peru: Universidad Nacional de Trujillo, 2005. 73p. Tese Doutorado em Meio Ambiente.
- Cechim, F. E. *Características morfológicas do epitélio intestinal e desempenho de tilápia do nilo Oreochromis niloticus suplementada com mananoligossacarídeo (mos)*. Dois Vizinhos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012. 55f. Dissertação.

Chen, S. L.; Ling, J.; Blancheton, J. P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering*, v.34, p.179-197, 2006.

Cyrino, J. E.; Conte, L.; Tilapicultura em Gaiolas: produção e economia. In: José Eurico Possebon Cyrino e Elisabeth Criscuolo Urbinati (Eds.). *AquaCiência 2004:Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aqüicultura*. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, 2006. cap.12, p.151-171.

Coêlho, A. A. da C.; Bezerra, J. H. C.; Silva, J. W. A.; Moreira, R. T.; Albuquerque, L. F. G.; Farias, W. R. L.; Desempenho zootécnico de alevinos de tilápia do Nilo cultivados em um sistema de recirculação de água com a microalga *Spirulina platensis*. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, v.15, p.149-159 jan./mar., 2014.

Correia, E.S.; Wilkenfeld, J. S.; Morris, T. C.; Wei, L.; Prangnell, D. I.; Samocha, T. M. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. *Aquacultural Engineering*, v.59, p.48- 54, 2014.

Crab, R. et al. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering*, v.40, p.105-112, 2009.

Crab, R.; Avnimelech, Y.; Defoirdt, T.; Bossier, P.; Verstraete, W. Nitrogen removal in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, v. 270 (1–4), p. 1–14, 2007.

Crab, R.; Defoirdt, T.; Bossier, P.; Verstraete, W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges, *Aquaculture*, v.356-357, p.351-356, 2012.

Crepaldi, D. V.; Texeira, E. A.; Faria, P. M. C.; Ribeiro, L. P.; Melo, D. C.; Carvalho, D.; Sousa, A. B.; Saturnino, H. M. Sistemas de produção na piscicultura. *Revista Brasileira Reprodução Animal*, v.30, p.86-99, 2006.

Diana, J.S. Aquaculture production and biodiversity conservation. *Bioscience*, v.59, p.27-38, 2009.

Dias, J. B. Impactos sócio-econômicos e ambientais da introdução da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em açudes públicos do semi-árido nordestino, Brasil. *PRODEMA*, 2006. Dissertação.

Martinez, C. B. R.; Azevedo, F.; Winkaler, E. U. Toxicidade e efeitos da amônia em peixes neotropicais. In: Cyrino, J. E. P.; Urbinati, E. C. *Tópicos especiais em biologia aquática e aqüicultura*. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, 2006. p.81-95.

Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, v.257, p.346-358, 2006.

Eding E. H.; Kamstra, A.; Verreth, J. A. J.; Huisman, E. A.; Klapwijk, A. Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review. *Aquacultural Engineering*, Wageningen, v.34, p.234–260, 2006.

El-sayed, A. F. M. Intensive Culture. In: Abdel-Fattah M. El-Sayed (Ed). Tilapia Culture, London, Cap.5, p.70-94, 2006.

El-sherif, M. S.; El-feky, A. M. Effect of ammonia on Nile tilapia (*O. niloticus*) performance and some hematological and histological measures. In: 8^o International symposium on tilapia in aquaculture, 2008. p.513-529.

Emerson, K.; R.C. Russo; R.E. Lund, and R.V. Thurston. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. Journal of Fisheries Research Board of Canada, v.32 p.2379-2383, 1975.

Esteves, F. A. Fundamentos de limnologia- 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1988.

FAO. O Estado das Pescas e da Aquacultura no Mundo. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/pt/item/232037/icode/>>. Acessado em: 15 de dezembro de 2015.

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 p, 2016.

Feng, Q.; Yu, A.; Chu, L; Xing, X. H. Performance study of the reduction of excess sludge and simultaneous removal of organic carbon and nitrogen by a combination of fluidized- and fixed-bed bioreactors with different structured macroporous carriers. Biochemical Engineering Journal. v.39, p.344-352, 2008.

F.M.O. - Fundação Mokiti Okada. Sistema FMO. Departamento de Saneamento e meio ambiente - centro de Pesquisa. 2006. Disponível em: <<http://www.cpmo.org.br/pesquisa/SistemaFMOSaneamento>> Acesso em 20 de dezembro de 2015.

Fuller, R. A review: probiotic in man and animals. Journal Applied Environmental Microbiology, v.63, p.1034-1039, 1989.

Furlan, R. L., Macari, M., Luquetti, B.C. Como avaliar os efeitos do uso de prebióticos, probióticos e flora de exclusão competitiva. In: 5^o Simpósio técnico de incubação, matrizes de corte e nutrição. Balneário Camboriú, SC. Anais... 2004.

Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. Aquaculture, v.321, p.130-135, 2011.

Flemming, J.S.; Utilização de Leveduras, Probióticos e Mananoligossacarídeos (MOS) na Alimentação de Frangos de Corte. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. 109p. Tese Doutorado.

Gaona, C. et al. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. *International Journal of Recirculating Aquaculture*, v.12, p.54-57, 2011.

Gildberg, A.; Mikkelsen, H.; Sandaker, E.; Ringo, E. Probiotic effect of lactic acid bacteria in the feed on growth and survival of fry of Bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*). *Hydrobiologia*, v.352, p.279-285, 1997.

Goltzman, H. L.; Clymo, R. S.; Ohnstad, M. A. M. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. London: Blackwell Sci. Publ. 1978. 213p.

Graeff, A.; Amaral Junior, H. Produção de juvenis de *Tilapia nilótica* (*Oreochromis niloticus*) em tanque-rede como opção econômica para regiões de clima desfavorável para engorda anual. In: Congresso iberoamericano virtual de acuicultura, 3. Anais... 2004. p.190- 196.

Gram, L.; Melchiorson, J.; Spanggard, B.; Hubner, I.; Nielsen, T. F. Inhibition of *Vibrio anguillarum* by *Pseudomonas fluorescens* AH2, a possible probiotic treatment of fish. *Applies and Environmental Microbiology*, v.65, p.969-973, 1999.

Hayashi, C. et al. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo no período de reversão sexual. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.823-828, 2002.

Hegazi, M. M.; Attai, Z. I.; Hegazi, M. A. M. et al. Metabolic consequences of chronic sublethal ammonia exposure at cellular and subcellular levels in Nile tilapia brain. *Aquaculture*, v.299, p.149-156, 2010.

Krummenauer, D.; Peixoto, S. Cavalli, R.; Poersch, L. H.; Wasielesky, W. Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in southern Brazil at different stocking densities. *J. World Aquac. Soc.* v.42, p.726-733, 2011.

Kubitza, F. Qualidade da Água na Produção de Peixes - Parte II (Final). *Panorama da Aqüicultura*, v.8, 1998a.

Kubitza, F. Qualidade da Água na Produção de Peixes - Parte III (Final). *Panorama da Aqüicultura*, v.8, 1998.

Kubitza, F. Qualidade da água na produção de peixes. Jundiaí - São Paulo: Fernando Kubitza, 2000. 97p.

Kubitza, F. Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. *Panorama da Aqüicultura*, v.10, 2000.

Kubitza, F. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarão. 1. ed. Jundiaí, SP: ESALQ, 2003. 229p.

Kubitza, F. Sistemas de Recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso da água. *Panorama da Aqüicultura*, Jundiaí, p.15-22, jun. 2006. Bimestral.

- Lima, A. C. F.; Pizauro Junior, J. M.; Macari, M. et al. Efeito do uso de probiótico sobre o desempenho e atividade de enzimas digestivas de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.1, p.200-207, 2003.
- Lima, E. C. R.; Souza, R. L.; Wambach, X. F.; Silva, U. L.; Correia, E. S. Cultivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, v.16, p.948-957 out./dez., 2015.
- Liu, S. X.; Xie, Q.S., Yang, Z.C. Status and prospect of application EM in aquaculture. *Hebei Fish.* v.12, p.5-7, 2006.
- Loddi, M. M.; Gonzales, E.; Takita, T. S. et al. Uso de probiótico sobre o desempenho, o rendimento e a qualidade de carcaça de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, p.1124-1131, 2000.
- Luo, G.; Gao, Q.; Wang, C.; Liu, W.; Sun, D.; Li, L.; Tan, H. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, v.422-423, p.1-7, 2014.
- Macedo, C. F.; Sipaúba-Tavares, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Boletim do Instituto de Pesca*, v.36, p.149-163, 2010.
- Maffezzolli, G.; Nuñez A. P. O. Crescimento de alevinos de Jundiá, *Rhamdia quelen* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v.28, p.41-45, 2006.
- Mikkelsen, L. H.; Gottfredsen, A. K.; Agerbaek, M. L.; Nielsen, P. H.; Keiding, K. Effects of colloidal stability on clarification and dewatering of activated sludge. *Water Science and Technology*, v.3, p.449-457, 1996.
- Manoel, R. M.; Pissinatto, L. B.; Tokeshi, H. Tratamento de água residuária de lavagem e despolpa de café através da implantação do sistema FMO. In 31º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. 10/2005, Guarapari, ES. Anais...2005.
- Martins, Y. K. Qualidade da água em viveiro de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas. São Paulo: Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2007. 43p. Dissertação Mestrado.
- Martins, R.B. et al. Imbalanced C/N-controlled, periphyton-based system has hampered tilapia growth in stagnant experimental tanks. *Acta Scientiarum. Technology*, v.36, p.229-235, 2014.
- Masser, M. P.; Rakocy, J.; Losordo, T. M. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems - Management of Recirculating Systems. Revision. Southern Regional Aquaculture Center, v.452, 1999.

MPA Ministério da Pesca e Aquicultura Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/#aquicultura/informacoes/producao>>; acesso em: 15 de dezembro de 2015.

Najafpour, G. D.; Shan, C. P. Enzymatic Hydrolysis of Molasses. *Bioresource Technology*, v.86, p.91-94, 2003.

Nayak, S. K. Role of gastrointestinal microbiota in fish. *Aquaculture research*, v.41, p.1553-1573, 2010.

New, M. B. Freshwater prawn culture: a review. *Aquaculture*, Amsterdam, v.88, p.99-143, 1990.

Nikoskelanen, S.; Salminen, S.; Bylund, G.; Ouwehand, A. C. Characterization of the properties of human and dairy-derived probiotics for prevention of infectious diseases in fish. *Applies and Environmental Microbiology*, v.67, n.6, p.2430-2435, 2001.

Nogueira, A. C.; Rodrigues, T. Criação de tilápias em tanques-rede. – Salvador: Sebrae Bahia, p.23, 2007.

Nootong, K.; Pavasant, P.; Powtongsook, S. Effects of organic carbon addition in controlling inorganic nitrogen concentrations in a Biofloc System. *Journal of the World Aquaculture Society*, v.42, p.339-346, 2011.

Ostini, S.; Aclimação e desempenho de tilápias (*Oreochromis sp.*) em sistema de recirculação de água do mar. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2002. 63p. Tese Doutorado.

Pegorer, A. P. R.; Franch, C. M. C.; Franch, J. L.; Siqueira, M. F. B.; Motta, S. D. Informações sobre o uso do EM (microorganismos eficazes) – Apostila. Rio de Janeiro: Fundação Mokito Okada, 1995. 14p.

Pillay, T. V. R.; Kutty, M. N. *Aquaculture Principles and Practices* 2 ed. Wiley-Blackwell, 2005. 640p.

Pissinatto, L. B.; Zambelle, J. C.; Ota, H.; Ferreira, N.; Guirardélló, R. Adjustment of wastewater treatment pond from a gelatin industry, using applied microbiology techniques. In 2º Congresso do Mercosul em Engenharia Química - ENPROMER, 08/2005. Mangaratiba, RJ. Anais...2005.

Pissinatto, O. S. M.; Gregorio, M. Z.; Ota, H. Microbiological adjustment of a wastewater treatment pond system from a cassava starch industry. In 21º Congresso Interamericano de Engenharia Química, 04/2005. Lima, Peru. Anais... 2005.

Popma, T.; Lovshin, L. Aspectos relevantes da biologia e do cultivo das tilápias. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, v.5, p.8-13, 1995.

Proença, C. E. M.; Bittencourt, P. R. L. *Manual de piscicultura tropical*. Brasília: IBAMA, 1994. 196p.

- Qi, Z.; Zhang, X. H.; Boon, N.; Bossier, P. Probiotics in aquaculture of China — Current state, problems and prospect. *Aquaculture*. v.290, p.15-21, 2009.
- Randall, D. J.; Tsui, T. K. N. Ammonia toxicity in fish. *Marine Pollution Bulletin*, v.45, p.17-23, 2002.
- Ray, A. J. et al. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture*, v.310, p.30-138, 2010.
- Rocha, A. F.; Abreu, P. C.; Wasielesky, W. J.; Tesser, M. B. Avaliação da formação de bioflocos na criação de juvenis de tainha *Mugil cf. hospes* sem renovação de água. *Atlantica*, v.34, p.63-74, 2012.
- Roumieh, R.; Barakat, A.; Abdelmeguid, N. E. et al. Acute and chronic effects of aqueous ammonia on marbled spinefoot rabbitfish, *Siganus rivulatus* (Forsskal 1775). *Aquac. Res.*, v.44, p.1777-1790, 2012.
- Ruyet, J. P.; Chartois, H.; Quemener, L. Comparative acute ammonia toxicity in marine fish and plasma ammonia response. *Aquaculture*, v.136, p.181-194, 1995.
- Samocha, T. M.; Patnaik, S.; Speed, M.; Ali, A.; Burger, J. M.; Almeida, R. V.; Ayub, Z.; Harisanto, M.; Horowitz, A.; Brock, D.L. Use of molasses as source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, v.36, p.184-191, 2007.
- Schryver, P. D.; Crab, R.; Defoirdt, T.; Boon, N.; Verstraete, W. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, v.277, p.125-137, 2008.
- Serafini, R. L.; Zaniboni Filho, E.; Baldisserotto, B. Effect of Combined Non-ionized Ammonia and Dissolved Oxygen Levels on the Survival of Juvenile Dourado, *Salminus brasiliensis* (Cuvier). *Journal of the World Aquaculture Society*, v.40, p.695–701, 2009.
- SEBRAE. Aquicultura no Brasil – Série de estudos mercadológicos. p.76, 2015.
- Silva, D. A. da; Oliveira, A. S.; Rodrigues, M. L. et al. Avaliação de parâmetros físico-químicos de efluentes de piscicultura tratados com microorganismos eficazes. In: XVIII Congresso Nacional de Zootecnia, 2008, João Pessoa, PB. Anais...ZOOTEC, 2008. (CD-rom).
- Silva, M. J. S. Efeito agudo da amônia e do nitrito em tilápias *Oreochromis niloticus* mantidas em baixa salinidade. Belo Horizonte : Universidade Federal de Minas Gerais, 2013. 48p. Dissertação.
- Silva, M. S. G. M. e.; Losekann, M. E.; Hisano, H. Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes. Jaguariúna, SP : Embrapa Meio Ambiente, 2013. 39 p.
- Sipaúba-Tavares, L. H. Limnologia aplicada à aquicultura. *Boletim Técnico Centro de Aquicultura*. Unesp. Jaboticabal 1, p.72, 1995.

- Tavares, L. H. S.; Moreno, S. Q. Variação dos parâmetros limnológicos em um viveiro de piscicultura nos períodos de seca e chuva. *Revista UNIMAR*, Maringa, v.16, p.229-242, 1994.
- Tavares, L. H. S. Influência da luz, manejo e tempo de residência sobre algumas variáveis limnológicas em um viveiro de piscicultura. *Biotemas*, Florianópolis, v.8, 1995.
- Tran-duy, A.; Schrama, J. W.; Dan, A. A. V.; Verreth, J. A. J. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, v.275, p.152-162, 2008.
- Timmons, M. B.; Ebeling, J. M. *Recirculating aquaculture*. Ythaca - Ny: Northeastern Regional Aquaculture Center, 2007.
- Urbinati, E. C.; Carneiro, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. *Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva*. Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática (Aquabio). Jaboticabal, SP, p.171-193, 2004.
- Van wyk, P.; Davis-hodgkins, M.; Laramore, R.; Main, K. L.; Mountain, J.; Scarpa, J. Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Florida department of agriculture and consumer services, Tallahassee, p.128-138, 1999.
- Wambach, X. F. Influência de diferentes densidades de estocagem no desempenho produtivo de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) cultivada com tecnologia de bioflocos. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013. 78p. Dissertação.
- Widanarni; Ekasari, J.; Maryam, S. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *Hayati Journal of Biosciences*, v.19, p.73-80, 2012.
- Wu, L.; Wang, Y. M.; Xu, Q.; Wei, F.J. The influence of EM to the haematological parameters of Southern catfish (*Silurus meriaionalis* Chen). *Feed Res.*, v.5, p.7-10, 2004.
- Yanbo, W.; Wenju, Z.; Weifen, L. et al. Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. *Fish Physiol. Biochem.*, v.32, p.49-54, 2006.
- Ye, M. B.; Gu, H. X.; Chen, H. L.; Lin, R. J. Application of EM in the cultures of juvenile green sea turtle (*Chelonia mydas*). *Chin. Fish.*, v.6, p.51-52, 2004.
- Zaniboni Filho, E. O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água. *Revista Brasileira de Biologia*, v.57, p.3-9, 1997.
- Zuanon, J. A. S.; Fonseca, J. B.; Rostagno, H. S. et al. Efeito de promotores de crescimento sobre o desempenho de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.27, p.999-1005, 1998.