



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**DESEMPENHO DE JUVENIS DA TILÁPIA-DO-NILO
EM SISTEMA DE BIOFLOCOS SOB DIFERENTES
DENSIDADES DE ESTOCAGEM**

MAURÍCIO LOPES DE GRÓS

2015

Maurício Lopes de Grós

**DESEMPENHO DE JUVENIS DA TILÁPIA-DO-NILO EM
SISTEMA DE BIOFLOCOS SOB DIFERENTES
DENSIDADES DE ESTOCAGEM**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Felipe Shindy Aiura

UNIMONTES
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

Grós, Maurício Lopes de

G877d Desempenho de juvenis da tilápia-do-Nilo em sistemas de bioflocos sob diferentes densidades de estocagem [manuscrito] / Maurício Lopes de Grós. – 2015.
29 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2015.

Orientador: Prof. D. Sc. Felipe Shindy Aiura.

1. Amônia. 2. Bactérias. 3. Tilápia (Peixe). I. Aiura, Felipe Shindy. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 639.3758

Catálogo: Biblioteca Setorial Campus de Janaúba

MAURÍCIO LOPES DE GRÓS

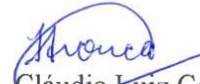
**DESEMPENHO DE JUVENIS DA TILÁPIA-DO-NILO EM SISTEMAS
DE BIOFLOCOS SOB DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

APROVADA em 14 de Dezembro de 2015.



Prof.^o D.Sc. Felipe Shindy Aiura
UNIMONTES
(Orientador)



Prof. D.Sc. Cláudio Luiz Corrêa
Arouca
UNIMONTES



Prof.^o D.Sc. Mônia Patrícia Maciel
UNIMONTES



D.Sc. Edgar de Alencar Teixeira
UFMG

JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

A Deus que iluminou meu caminho nessa missão. À minha família pelo incentivo e à CODEVASF pelo apoio.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter guiado e conduzido meus passos nessa caminhada;

Agradeço a minha esposa, Marta Barros de Grós, pelo amor e dedicação;

Agradeço às minhas filhas Gabriela e Julia pelo incentivo a sempre continuar lutando;

Agradeço a meus pais Julio Cesar Grós Moyano e Solange Lopes de Grós, por terem me ensinado os valores da ética e honestidade;

Agradeço meus irmãos Julio Jr. e Liliana pelo incentivo e carinho;

Agradeço à Aldimar Dimas Rodrigues, Superintendente da CODEVASF, pelo apoio e compreensão de que nossa empresa precisa investir em novas tecnologias para continuar sendo referência na Aquicultura Nacional;

Agradeço a Sidenísio, Alex, Sandra, Tiago, Nilson, Leôncio, José Marques, José Antônio, Noel, Rosalino, João da Costa, Cordeiro, Maria Eliane, Carmem e a todos os colegas da CODEVASF, que acreditaram ou que, de alguma maneira, contribuíram para a realização do Mestrado, mas principalmente aos integrantes da equipe da 1^a/CIG que compreenderam a importância dessa nova tecnologia e se empenharam ao máximo no apoio ao experimento;

Agradeço ao meu orientador Felipe Shindy Aiura, pelos conselhos, orientação e paciência, mas, principalmente, por ter se lançado comigo na investigação e domínio dessa tecnologia;

Agradeço a empresa 3D AQUA e ao Laboratório Laqua da Escola de veterinária da UFMG, por disponibilizarem suas estruturas físicas para visita técnica e compartilharem comigo e com meu orientador conhecimentos

fundamentais para a implantação da unidade experimental de bioflocos no Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura do Gorutuba;

Aos membros da banca Cláudio Luiz Corrêa Arouca, Mônica Patrícia Maciel e Edgar de Alencar Teixeira pela disponibilidade e interesse;

A todos os professores e funcionários da UNIMOTES, pelos ensinamentos, convivência e, principalmente, ao Departamento de Pós Graduação, pela oportunidade de realizar o Mestrado de Zootecnia;

Aos colegas Vaternísia, Marília, Renata, Daniella, Pedro, Débora, Hugo, Iara, Jamille e Lucas, que me auxiliaram no desenvolvimento do experimento;

A todos os alunos que compartilharam comigo os conhecimentos adquiridos e foram para mim uma fonte da juventude;

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a minha conquista.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------|----|
| RESUMO..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 3 |
| 2.1 A tilápia-do-Nilo..... | 3 |
| 2.2 Bioflocos | 4 |
| 2.3 Densidade de estocagem | 8 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 12 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 14 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 19 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 20 |

RESUMO

GRÓS, Maurício Lopes de. **Desempenho de juvenis da tilápia-do-Nilo em sistema de bioflocos sob diferentes densidades de estocagem.** 2015. 31 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.¹

Objetivou-se avaliar o desempenho de juvenis da tilápia-do-Nilo em densidades diferentes no sistema de bioflocos. Foram utilizados 800 juvenis de tilápia com peso médio inicial de $5,96 \pm 0,35$ g. Os peixes foram distribuídos em 16 caixas com 200 litros de água, formando um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Os peixes foram estocados nas densidades de 100, 200, 300 e 400 peixes por m³. Durante 60 dias os peixes foram alimentados com ração comercial com 42% de proteína bruta até a saciedade. Os parâmetros físicos e químicos da água, (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade, amônia e nitrito) foram monitorados durante todo o experimento. Para a avaliação do desempenho produtivo foram aferidos a biomassa final, ganho de biomassa, peso final, ganho de peso, consumo de ração aparente, conversão alimentar aparente e sobrevivência. O aumento da densidade de estocagem promoveu um incremento no ganho de biomassa e, conseqüentemente, da biomassa final. Porém, foi verificada uma redução para os parâmetros de ganho de peso, peso final e consumo de ração aparente. No entanto, as densidades de estocagem avaliadas se mostraram viáveis para juvenis de tilápia-do-Nilo em sistema de bioflocos.

Palavras-chave: amônia, bactérias heterotróficas, nitrito, *Oreochromis niloticus*

¹ **Comitê de orientação:** Prof. Dr. Felipe Shindy Aiura (orientador) – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES. Dr. Cláudio Luiz Corrêa Arouca – DCA/UNIMONTES (coorientador).

ABSTRACT

GRÓS, Maurício Lopes de. **Juvenile performance of Nile tilapia in bioflocos system under different stocking densities.** 2015. 31 p. Dissertation (Master's Degree in Animal Science) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.²

This study aimed to evaluate the performance of juvenile of Nile tilapia at different densities in bioflocos system. 800 juveniles were used tilapia with average weight of 5.96 ± 0.35 g. Fishes were distributed in 16 boxes with 200 liters of water, forming a randomized design with four treatments and four replications. The fishes were stocked in densities of 100, 200, 300 and 400 fishes per cubic meter. During 60 days, the fishes were fed commercial feed with 42% crude protein to satiety. The physical and chemical parameters of water, temperature, dissolved oxygen, pH, alkalinity, ammonia and nitrite were monitored throughout the experiment. For the evaluation of the production performance was benchmarked final biomass, biomass gain, final weight, weight gain, apparent feed intake, feed conversion and survival. The increase in stocking density promoted an increase in the biomass gain and consequently the final biomass. However, a reduction was seen for weight gain parameters, body weight and apparent feed intake. Though, the evaluated stocking densities proved viable for juvenile Nile tilapia in bioflocos system.

Keywords: ammonia, heterotrophic bacteria, nitrite, *Oreochromis niloticus*.

² **Guidance Committee:** Prof. Dr. Felipe Shindy Aiura (Adviser) – Department of Agricultural Sciences/UNIMONTES. Dr. Cláudio Luiz Corrêa Arouca – DCA/UNIMONTES (co-adviser).

1 INTRODUÇÃO

A criação de peixes vem se expandindo rapidamente devido ao desenvolvimento e, principalmente, de técnicas de reprodução, alimentação e nutrição. No entanto, o semiárido brasileiro pode estar limitado ao desenvolvimento da atividade aquícola devido à escassez de recursos hídricos.

De acordo com Tidwell (2012), os principais sistemas de cultivo utilizados na produção de peixes são viveiros ou açudes escavados, tanques-rede, tanques com fluxo contínuo (*raceway*) e tanques com recirculação de água. Porém, os principais entraves para a produção de peixes na maioria desses sistemas são a demanda por grande volume de água de boa qualidade e o lançamento de efluentes contaminados com elevado teor de matéria orgânica rica em nutrientes, exceto para os tanques de recirculação de água, que promovem a remoção dos nutrientes através de alto custo de filtragem e bombeamento.

Assim, práticas ambientalmente corretas com o intuito de minimizar os problemas de qualidade de água e redução na quantidade de efluentes gerados pela atividade podem ser uma alternativa rentável e sustentável para o desenvolvimento da aquicultura (McINTOSH, 2000).

Dentre as alternativas de produção destaca-se a criação de peixes com o uso de bioflocos (“Biofloc Technology” – BFT), um sistema que apresenta boa produtividade com troca de água limitada ou zero. Alguns estudos têm sido realizados com o cultivo do camarão branco em sistema de bioflocos e, em menor número, para o cultivo de peixes (MILSTEIN *et al.*, 2001; SERFLING, 2006). A espécie a ser cultivada no sistema bioflocos deve possuir algumas características, tais como, resistência à alta densidade, tolerância a níveis intermediários de oxigênio dissolvido (3-6 mg/L) e à presença de sólidos em

suspensão na água (10-15 mg/L), bem como apresentar hábito alimentar onívoro (EMERENCIANO *et al.*, 2013).

Hopkins *et al.* (1995) e Browdy *et al.* (2001) apontam algumas vantagens do sistema de bioflocos como, a redução do uso de água e da incidência de doenças, diminuição no lançamento de efluentes e danos ambientais mas, principalmente, o aumento na produção. No entanto, a desvantagem deste sistema está nos altos custos de construção e operação que geralmente são compensados pelo aumento das densidades de estocagem (DECAMP *et al.*, 2007).

Porém, várias pesquisas indicam existir uma relação inversa entre a densidade e o desempenho produtivo na aquicultura (WILLIAMS *et al.*, 1996; MOSS e MOSS, 2004; OTOSHI *et al.*, 2007). Isto pode ocorrer devido ao aumento de competição por alimento, espaço, canibalismo e deterioração da qualidade da água provocada pelo excesso de carga orgânica excretada pelos animais no ambiente com alta densidade de estocagem (MOSS e MOSS, 2004; PRETO *et al.*, 2005; KRUMMENAUER *et al.*, 2006 e ARNOLD *et al.*, 2006).

Assim, objetivou-se avaliar o desempenho de juvenis de tilápias-do-Nilo cultivados em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A tilápia-do-Nilo

Tilápia é o nome comum de aproximadamente 70 espécies de peixes taxonomicamente classificadas, da família dos ciclídeos, nativas da África (WATANABE *et al.*, 2002). Entre as espécies de interesse comercial, destacam-se as do gênero *Oreochromis*, em especial a *Oreochromis niloticus* (tilápia-do-Nilo).

No Brasil, a tilápia-do-Nilo foi introduzida na região nordeste em 1971, sendo então, distribuída pelo país e cultivada desde a bacia do rio Amazonas até o Rio Grande do Sul (BOSCOLO *et al.*, 2001). O interesse pelo cultivo desta espécie no Sul e Sudeste do país cresceu rapidamente pela introdução da tecnologia da reversão sexual e a pesca esportiva, representada pelos pesque-pague. Em 2013, a tilápia apresentou produção de 169.306 toneladas, sendo a espécie de maior cultivo no Brasil (IBGE, 2013).

A tilápia é um peixe de águas paradas que se destaca por características de interesse zootécnico, como alta prolificidade, pouca susceptibilidade a doenças parasitárias, resistência a baixas concentrações de oxigênio e grande precocidade. As fêmeas atingem a maturidade sexual precocemente, quando alcançam por volta de 250 g, e alguns problemas de superpopulação podem ocorrer em cultivos quando se criam machos e fêmeas. Deve-se então, preconizar para a engorda cultivos exclusivos de machos, pois eles atingem o peso comercial mais cedo (RIBEIRO, 2001).

Peixe de hábito alimentar onívoro, a tilápia aceita grande variedade de alimentos, podendo ser criada em diversos sistemas de cultivo, desde a cultura semi-intensiva até os cultivos intensivos, como *raceways* e tanques-rede, sendo o primeiro peixe oriundo da aquicultura de águas interiores a ser processado na

forma de filés resfriados e congelados (MADRID, 2000). A tilápia-do-Nilo ainda destaca-se pelo seu ciclo de engorda relativamente rápido em relação a outras espécies (TURRA *et al.*, 2010).

Além dos atributos para a exploração intensiva, esta espécie possui boas características organolépticas, tais como carne saborosa, baixo teor de gordura e ausência de espinhos intramusculares (HILSDORF, 1995). O processo de filetagem realizado pelas indústrias proporciona ótima aceitação pelo mercado consumidor, o que a torna uma espécie de grande interesse para a piscicultura (BORGHETTI e OSTRENSKI, 1998).

2.2 Bioflocos

Bioflocos são partículas orgânicas em suspensão na água ou aderidas às paredes dos tanques de produção. Estas partículas são formadas por material orgânico particulado, nas quais se desenvolvem microalgas, protozoários, rotíferos, fungos, oligoquetos, dentre outros microorganismos e, em especial, bactérias heterotróficas (KUBITZA, 2011).

No ano de 1970, o IFREMER – COP (Instituto Francês para Exploração do Mar, Centro do Oceano Pacífico) desenvolveu pela primeira vez o cultivo de camarões da espécie *penaeus* com o sistema de bioflocos (EMERENCIANO *et al.*, 2012). Na década de 1980, Israel e EUA desenvolveram experimentos no cultivo de camarão com renovação de água limitada, com o uso de bioflocos na *Waddel Mariculture Center*, Carolina do Sul, Estados Unidos (HOPKINS *et al.*, 1993). O interesse de ambas as nações abrangia a possibilidade de economizar água e reduzir os impactos ambientais (EMERENCIANO *et al.*, 2012).

O cultivo de organismos em altas densidades e sem renovação de água acarreta acúmulo de metabólitos nitrogenados que podem alcançar concentrações tóxicas ou letais para os organismos cultivados (THOMPSON *et*

al., 2002). Segundo Avnimelech e Ritvo (2003), os peixes assimilaram apenas 20-25% de proteína na alimentação, e o restante era excretado na forma de amônia e nitrogênio orgânico. O sistema de bioflocos permite o cultivo de peixes em altas densidades de estocagem, devido à utilização do nitrogênio pelos microrganismos, possibilitando uma maior produção em uma menor área de cultivo, superando o problema da falta de áreas para implantação de empreendimentos aquícolas (FÜLBER *et al.*, 2009).

A remoção da amônia pode ser realizada por bactérias heterotróficas, que transformam a amônia em biomassa microbiana, pelas bactérias autotróficas, que transformam a amônia em nitrato, ou ainda através da assimilação fotoautotrófica pelas microalgas (EBELING *et al.*, 2006).

As bactérias heterotróficas se encarregam da depuração da qualidade da água, utilizando os compostos nitrogenados tóxicos aos peixes para a síntese de proteína e biomassa microbiana, que enriquecem os bioflocos. Essa proteína microbiana pode ser utilizada como fonte de alimento aos organismos criados (THOMPSON *et al.*, 2002). Entretanto, para reduzir as concentrações de nitrogênio (N) na água, as bactérias heterotróficas necessitam de uma fonte de carbono que pode ser adicionada na forma de melão, farelo de trigo, milho, dentre outros. Assim, o sistema de bioflocos se baseia na reciclagem de nutrientes promovidas por uma colônia de bactérias heterotróficas que convertem amônia em biomassa microbiana, por meio da manutenção de uma alta relação entre o carbono e nitrogênio (C/N) na água (AVNIMELECH, 1999).

A incorporação dos compostos nitrogenados tóxicos em biomassa bacteriana é mais eficiente com a relação carbono/nitrogênio maior que 10:1 (MORIARTY, 1997). Segundo Avnimelech (1999), a correta relação C:N para o crescimento de bactérias deve ser maior que 15:1.

Em pesquisa, Perez Fuentes *et al.* (2016), utilizando o melaço como fonte de carbono, verificaram que tanto a relação 10:1 quanto a 15:1 de carbono/nitrogênio proporcionaram melhor desempenho produtivo da tilápia-do-Nilo cultivada em bioflocos.

Com a reciclagem de nutrientes não há necessidade de troca constante de água permitindo o cultivo em altas densidades e produtividade com melhor conversão alimentar e diminuição da emissão de efluentes (POERSCH *et al.*, 2012). Mc Intosh *et al.* (2000) observaram que com a mínima troca de água poderia haver redução no risco de introdução e expansão de epidemias virais e bacterianas.

Através da manipulação da densa e ativa comunidade microbiana aeróbica pode-se obter um controle da qualidade da água, reciclando os resíduos da ração e incrementando a eficiência alimentar (AVNIMELECH e KOCHBA, 2009). Segundo Azim e Little (2008), os bioflocos podem se tornar uma boa fonte de proteína para o sistema produtivo, alcançando níveis de até 50% de proteína bruta, o que possibilita a redução das taxas de arrastamento e, conseqüentemente, dos custos com alimentação, conforme observado por Avnimelech (1999). Velasco *et al.* (1998) e Samocha *et al.* (2004) verificaram ainda, que esse sistema possibilita reduzir o teor de proteína bruta na ração já que ocorre uma suplementação pela produtividade natural.

Tilápias alimentadas com rações contendo diferentes teores de proteína bruta (35 e 24%) não apresentaram diferença no seu crescimento no sistema de bioflocos, sendo superiores quando comparados ao crescimento dos peixes cultivados em águas claras sem bioflocos e alimentados com ração contendo 35% de proteína bruta (AZIM e LITTLE, 2008). No entanto, o valor nutricional dos bioflocos depende do hábito alimentar do peixe, da capacidade de ingerir e digerir e da densidade das partículas em suspensão (HARGREAVES, 2006). Tilápias, que são peixes filtradores e detritívoros, são candidatos ideais para

esse sistema (AZIM *et al.*, 2003). Avnimelech (2012) observou que é possível reduzir o consumo de ração comercial em até 20% no cultivo de organismos no sistema de bioflocos.

O uso de aeração artificial é essencial no sistema bioflocos para compensar a demanda adicional por oxigênio provocado pelo aumento da comunidade bacteriana e das taxas de nitrificação (BOYD e CLAY, 2002). A aeração intensa possibilita a mineralização da matéria orgânica como fezes, restos não consumidos de ração e fertilizantes ainda na coluna d'água, sem que ocorra sua sedimentação no ambiente de cultivo (CHAMBERLAIN *et al.*, 2001; McINTOSH, 2001). Porém, o tipo de aeração nesse sistema pode determinar a uniformidade do tamanho dos flocos, assim como o equilíbrio entre suas taxas de agregação e fragmentação (SAMPAIO *et al.*, 2010).

Contudo, o rápido desenvolvimento das bactérias heterotróficas contribui para a elevação dos sólidos suspensos totais nesse sistema (VAN WYK 2006). Altas concentrações de sólidos suspensos totais propiciam a ocorrência de regiões anóxicas no centro das grandes partículas de flocos microbianos, possibilitando a ocorrência de desnitrificação no interior dos agregados (EBELING *et al.*, 2006).

Após a maturação dos bioflocos, a partir da sétima ou oitava semana de cultivo, ocorre uma queda no pH e na alcalinidade da água, necessitando a aplicação de cal hidratada para manter a alcalinidade entre 75 e 90 mg/L de carbonato de cálcio (McINTOSH, 2001). Ebeling *et al.* (2006) relatam a necessidade da adição de carbonatos para manter a alcalinidade, pois em sistemas com troca de água limitada, os carbonatos são importantes para o desenvolvimento das bactérias heterotróficas.

Azim e Little (2008) verificaram que o peso final de tilápias cultivadas em sistema de bioflocos foi 9 a 10% maior do que a mesma espécie cultivada em *raceway*, confirmando a afirmação de Avnimelech (2007) que os flocos

microbianos contribuem como fonte nutricional para os peixes. Ekarasi *et al.* (2015), avaliando o desempenho de larvas de tilápia-do-Nilo verificaram que o desempenho foi semelhante tanto no bioflocos como em sistema convencional. No entanto, Long *et al.* (2015), comparando o cultivo de tilápia-do-Nilo cultivada em sistema com e sem bioflocos, verificaram que o melhor desempenho foi dos peixes cultivados em sistema de bioflocos.

2.3 Densidade de estocagem

Para se alcançar níveis ótimos de produtividade por área numa determinada região, faz-se necessário desenvolver uma tecnologia de produção para cada espécie de peixe, sendo um dos primeiros passos a verificação da densidade de estocagem (BRANDÃO *et al.*, 2004). O consumo de alimento e o crescimento podem ser influenciados pela densidade, dependendo do comportamento relacionado com interações sociais, desenvolvimento de hierarquia e estabelecimento de limites territoriais (LAMBERT e DUTIL, 2001).

O termo densidade de estocagem refere-se à quantidade ou peso de peixes (larvas, ou ovos) por volume de água, sendo expressa por número de exemplares / volume (juvenis / m³ ou larvas / L, por exemplo) ou por biomassa / volume (kg / m³, por exemplo).

Segundo Gomes e Schlindwein (2000), são amplos os fatores de produção afetados por não se ter um controle da densidade de peixes, essenciais para uma ótima exploração e rápida expansão da piscicultura. Uma densidade de estocagem ótima é representada pela maior quantidade de peixes produzida eficientemente por unidade de área ou volume. Produção eficiente não significa necessariamente o peso máximo que pode ser produzido, mas sim o peso que pode ser atingido com uma baixa conversão alimentar, num período de tempo

relativamente curto e com peso final aceito comercialmente (SCHIMITTOU, 1997).

Altas densidades de estocagem determinam maiores produções e, conseqüentemente, maior retorno sobre os investimentos em estruturas e equipamentos. Assim sendo, a determinação da densidade de estocagem ótima para uma espécie e/ou sistema de cultivo pode ser um fator crítico no sistema de produção (HENGSAWAT *et al.*, 1997).

Porém, o aumento da densidade de estocagem proporciona redução no desempenho individual dos peixes, possivelmente devido à diminuição do espaço físico e a maior competição por alimento entre os peixes, conforme observado por Krumenauer *et al.* (2006)

Quando se analisa os efeitos da densidade de estocagem sobre o desempenho dos peixes, normalmente a densidade na qual se obtém o maior peso individual geralmente não é a mesma em que se consegue a maior produtividade ou a melhor conversão alimentar.

Vários estudos demonstraram uma correlação negativa entre densidade de estocagem e ganho de peso e peso final (BERNARDES *et al.*, 1998; SILVA *et al.*, 2002; WIDANARNI *et al.*, 2012). Todavia, os mesmos autores demonstram uma correlação positiva para os parâmetros biomassa final e ganho de biomassa.

Silva *et al.* (2002) observaram que o aumento da densidade de estocagem no cultivo da tilápia-do-Nilo em sistema raceway, provocou o aumento da biomassa final e do ganho de biomassa. No entanto, os valores de desempenho, peso final e ganho de peso foram menores. Marengoni (2006) observou ao final de 135 dias de cultivo da tilápia em tanques-rede que o peso final, o ganho de peso e o crescimento específico diminuíram com o aumento da densidade. Entretanto, a produtividade foi maior com o aumento da densidade, sendo que os peixes apresentaram peso médio de interesse comercial.

O excessivo adensamento pode ser fator estressante para os peixes, a partir do momento que essa condição afeta o desempenho dos animais (BOUJARD *et al.*, 2002). Lazzari (2008), trabalhando com jundiá (*Rhamdia quelen*) em sistema fechado de recirculação, nas densidades de 23; 35; 47 e 59 peixes/m³, constatou redução no crescimento em densidades superiores a 23 peixes/m³, assim como, maior conversão alimentar com o aumento da densidade. É comum em altas densidades uma maior atividade dos peixes, o que pode causar dificuldade no acesso ao alimento, comprometendo a conversão alimentar e causando desuniformidade entre indivíduos (El-SAYED, 2006).

Salario *et al.* (2003) observaram que a utilização de uma baixa densidade de estocagem pode levar a uma maior heterogeneidade entre os peixes, enquanto que a densidade elevada pode também ser considerada um potencial estressor, reduzindo a capacidade produtiva dos peixes, além de poder provocar contaminação da água por excesso de excreção nitrogenada.

Ferdous *et al.* (2014) avaliando a influência da densidade de estocagem sobre o crescimento de larvas da tilápia-do-Nilo em hapas instaladas em viveiro escavado encontraram uma redução significativa no ganho de peso com o aumento da densidade. Os autores ainda encontraram uma variação de 1,51 e 1,70 para conversão alimentar, sendo a menor densidade a que apresentou a melhor conversão alimentar.

Diana e Lin (2004) relataram que durante o processo de reversão sexual da tilápia-do-Nilo os peixes estocados em baixa densidade apresentaram melhor desempenho do que em altas densidades. Os autores afirmam ainda que o baixo desempenho em altas densidades possa ser causado pela perda de apetite, pelo gasto de energia, competição por alimento e pouco espaço.

Da mesma forma, Mensah (2013) observou a redução no ganho de peso de alevinos de tilápia-do-Nilo com o aumento da densidade de estocagem em hapas instaladas em viveiros.

Gibtan *et al.* (2008) avaliando os efeitos da densidade de estocagem sobre o desempenho de juvenis tilápia-do-Nilo criada em tanque-rede verificaram o aumento da conversão alimentar com o aumento da densidade. No entanto, Diana e Lin (2004) relataram não haver diferença na conversão alimentar de tilápias-do-Nilo cultivadas em viveiros sob diferentes densidades de estocagem.

Maeda *et al.* (2006) descreveram valores de conversão alimentar que variaram de 1,30 a 1,56, para juvenis de tilápia cultivadas em diferentes densidades (700, 1000 e 1300 peixes/m³) em sistema de *raceway*.

Avaliando a influência da densidade de estocagem da tilápia-do-Nilo em sistema bioflocos (200, 400, 600 e 800 peixes/m³), Bezerra (2014) concluiu que a densidade de 600 peixes/m³ apresentou os melhores resultados para produtividade e ganho de biomassa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura do Gorutuba da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), situado em Nova Porteirinha, MG.

Foram utilizadas 800 juvenis de tilápias-do-Nilo, com peso médio inicial de $5,96 \pm 0,35$ g, distribuídas em 16 tanques circulares de polietileno com volume útil de 200 L cada, em sistema de bioflocos, formando um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de diferentes densidades de estocagem, sendo, 100, 200, 300 e 400 peixes/m³.

Os tanques possuíam aeração artificial que, além de prover o oxigênio demandado pelo sistema, ainda promovia a suspensão dos resíduos orgânicos, através de um compressor radial (soprador de ar) de 0,75 cv.

Foi adicionado sal comum na água de cada tanque na proporção de 1 g/L, com o intuito de prevenir algum tipo de infecção e evitar possíveis problemas de intoxicação por nitrito.

Durante o experimento, todos os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia, até a saciedade aparente, com ração comercial tipo extrusada de 2,5 mm, com 42% de proteína bruta, 12% de umidade, 8% de extrato etéreo, 3.600 kcal/kg de energia digestível e 4% de material fibroso.

Para a manutenção do sistema de bioflocos era adicionado melão como fonte de carbono a fim de manter uma relação próxima a 10:1 (C:N). Para isso, era adicionado 0,1 g de melão para cada 1 g de ração fornecida. Periodicamente, era adicionado nos tanques o bicarbonato de sódio, com o intuito de manter a alcalinidade da água aproximadamente em 80 mg/L de CaCO₃.

Os parâmetros de qualidade de água como temperatura, pH e oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente através de uma sonda de medida multi- parâmetros (Horiba modelo W22XD). A concentração de amônia total, nitrito e alcalinidade eram aferidos a cada três dias. A alcalinidade foi determinada na água por titulação, através de seringas pré-calibradas. A amônia foi determinada através da leitura do nitrogênio amoniacal no fotolorímetro (leitura luz verde com comprimento de onda de 630 nm) pelo método do azul de indofenol e o nitrito através de leitura no fotolorímetro pelo método da alfanaftilamina (leitura luz verde com comprimento de onda de 520 nm) (EATON *et al.*, 1995).

A quantidade de sólidos totais foi monitorada com auxílio de cones Inhoff e, quando o volume ficava próximo a 20 mL era realizada uma descarga da água após decantação dos sólidos. Entretanto, somente aos 45 dias experimentais foi necessária a realização de retirada de sólidos, sendo reposta toda água perdida.

Ao final do período experimental todos os peixes foram contados e pesados para determinação dos parâmetros médios de desempenho, biomassa final (peso total dos peixes por tanque), ganho de biomassa (biomassa final – biomassa inicial), peso final (biomassa total / numero de peixe), ganho de peso (peso final – peso inicial), consumo de ração aparente (peso total da ração fornecida / número de peixe), conversão alimentar aparente (consumo de ração aparente / ganho de peso) e sobrevivência (número de peixe final / número de peixe inicial x 100).

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e quando significativo foi aplicado o estudo de regressão a 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental a temperatura média da água foi de $24,35 \pm 1,18$ °C. A média para o pH da água foi de $6,02 \pm 0,40$. Segundo Azim e Little (2008), o pH se manteve dentro da faixa de conforto para o bom desempenho das tilápias, entre 5,0 a 8,5.

O oxigênio dissolvido da água apresentou média de $6,2 \pm 0,9$ mg/L. De acordo com Kubitza, (1999) o teor de oxigênio, considerado mínimo, para que os peixes apresentem um bom desempenho produtivo deve ser superior a 5 mg/L.

A concentração da amônia total na água apresentou média de $0,18 \pm 0,04$ mg/L. Segundo Kubitza (1999), a amônia na concentração de 0,20 mg/L pode ser suficiente para interferir no desenvolvimento dos organismos aquáticos.

O nitrito da água registrou média de $0,37 \pm 0,17$ mg/L. Segundo Kubitza (2006), em sistema de cultivo de peixes em recirculação fechada, recomenda-se atenção para níveis acima de 1 mg/L, podendo exigir algum manejo corretivo.

Os valores médios de biomassa final, ganho de biomassa, peso final, ganho de peso, consumo de ração aparente, conversão alimentar aparente e sobrevivência de juvenis de tilápias-do-Nilo cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de bioflocos estão apresentados na tabela 1.

Observou-se que todos os parâmetros de desempenho produtivo avaliados foram significativamente afetados pelas diferentes densidades de estocagem, exceto para a conversão alimentar aparente e para a sobrevivência dos peixes.

TABELA 1. Valores médios, valor de P e coeficientes de variação (CV) para biomassa final (BF), ganho de biomassa (GB), peso final (PF), ganho de peso (GP), consumo de ração aparente (CRA), conversão alimentar aparente (CAA) e sobrevivência (SOB) de tilápias-do-Nilo, cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de bioflocos

| Tratamento | Variável | | | | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------|------------|
| | BF (g) | GB (g) | PF (g) | GP (g) | CRA (g) | CAA | SOB (%) |
| 100 peixes/m ³ | 1.051,00 | 923,40 | 52,63 | 46,47 | 54,94 | 1,18 | 96,43 |
| 200 peixes/m ³ | 1.714,33 | 1.478,83 | 41,79 | 36,11 | 40,71 | 1,13 | 98,83 |
| 300 peixes/m ³ | 1.877,00 | 1.516,90 | 31,04 | 25,13 | 30,27 | 1,20 | 99,16 |
| 400 peixes/m ³ | 2.600,12 | 2.131,72 | 32,40 | 26,56 | 29,37 | 1,10 | 100,00 |
| Valor P | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,077 | 0,268 |
| CV % | 8,10 | 9,52 | 9,12 | 10,14 | 10,05 | 4,49 | 2,55 |

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

A biomassa final aumentou conforme o incremento da densidade de estocagem, sendo a maior biomassa final obtida para o tratamento de maior densidade, 400 peixes/m³. O ganho de biomassa comportou-se de maneira semelhante (Figura 1).

Bezerra (2014), avaliando a influência da densidade de estocagem de tilápia-do-Nilo em sistema de bioflocos (200, 400, 600 e 800 peixes/m³), obteve os melhores resultados quanto à produtividade e ganho de biomassa para a densidade de 600 peixes/m³.

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva *et al.* (2002) avaliando diferentes densidades de estocagem da tilápia-do-Nilo em sistema raceway (90, 120 e 150 peixes/m³), os quais verificaram que houve aumento da biomassa final e do ganho de biomassa conforme o aumento da densidade. Ayroza *et al.* (2011), avaliando diferentes densidades de estocagem (100, 200, 300 e 400

peixes/m³) no cultivo de tilápias em tanque rede, também obtiveram o maior ganho de biomassa no tratamento com maior densidade. Segundo Hengsawat *et al.* (1997), altas densidades de estocagem determinam maiores produções e, conseqüentemente, maior retorno sobre os investimentos em estruturas e equipamentos. No entanto, deve-se determinar a densidade de estocagem ótima para uma espécie e/ou sistema de cultivo, por ser um fator crítico no sistema de produção.

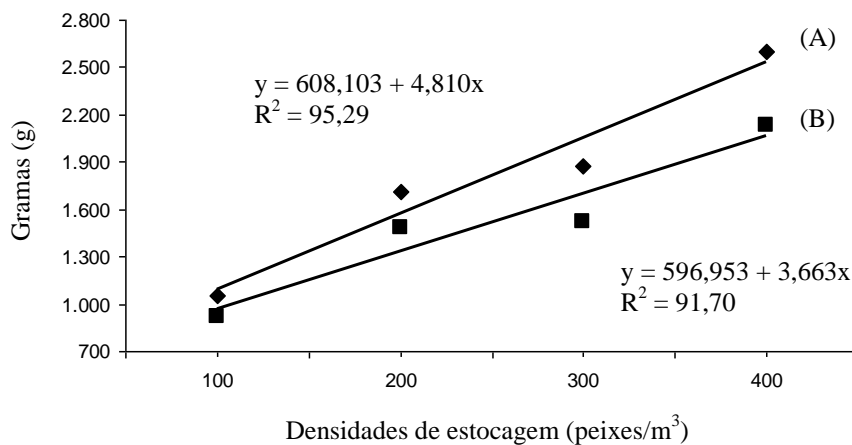


Figura 1. Médias para biomassa final (A) e ganho de biomassa (B) de tilápias-do-Nilo cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de bioflocos.

O aumento da densidade de estocagem dos peixes provocou uma diminuição do peso final e do ganho de peso (Figura 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Silva *et al.* (2002) que, avaliando diferentes densidades de estocagem da tilápia-do-Nilo em sistema de raceway, verificaram que nos tratamentos com maior densidade houve redução do peso final e menor ganho de peso. Ayroza *et al.* (2011) também observaram menor peso final e menor ganho de peso para os peixes estocados com altas densidades em tanque-rede.

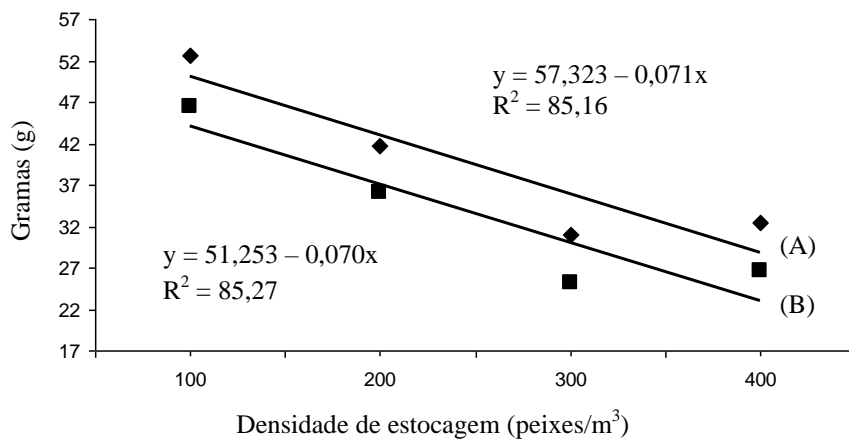


Figura 2. Médias para peso final (A) e ganho de peso (B) de tilápias-do-Nilo cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de bioflocos.

Ferdous *et al.* (2014) avaliando a influência da densidade de estocagem sobre o crescimento de larvas da tilápia-do-Nilo também encontraram uma redução significativa no ganho de peso com o aumento da densidade.

O aumento da densidade de estocagem dos peixes provocou também uma diminuição do consumo de ração aparente (Figura 3).

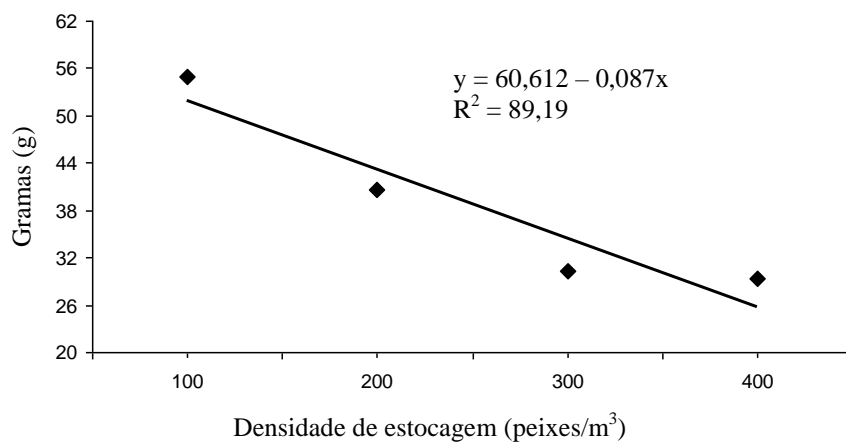


Figura 3. Médias para consumo de ração aparente da tilápia-do-Nilo cultivada em diferentes densidades de estocagem em sistema de bioflocos.

Krumenauer (2006) observou no cultivo de camarões que o aumento da densidade de estocagem proporcionou redução no consumo de ração aparente e no desempenho individual, possivelmente devido à diminuição do espaço físico e a maior competição por alimento.

O aumento da densidade de estocagem demonstra ter influência negativa sobre os parâmetros de ganho de peso e peso final, porém, é evidente que há uma melhora na biomassa e ganho de biomassa (BERNARDES *et al.*, 1998; SILVA *et al.*, 2002; WIDANARNI *et al.*, 2012).

As conversões alimentares foram inferiores se comparadas com as encontradas por Ferdous *et al.* (2014), que avaliando a influência da densidade de estocagem sobre o crescimento de larvas da tilápia-do-Nilo encontraram uma variação de 1,51 e 1,70 para conversão alimentar, sendo a menor densidade a que apresentou a melhor conversão alimentar. Maeda *et al.* (2006) descreveram valores que variaram de 1,30 a 1,56, para juvenis de tilápia cultivadas em diferentes densidades (700, 1.000 e 1.300 peixes/m³) em sistema de *raceway*.

De acordo com os resultados obtidos, é importante evidenciar que o sistema de bioflocos proporcionou condições adequadas, para um bom desenvolvimento dos peixes. Ainda, é possível inferir que, apesar do peso final e ganho de peso terem sido menores para o tratamento com maior densidade (400 peixes/m³), obteve-se maior ganho de biomassa e maior valor de biomassa final com mesma conversão alimentar em relação às outras densidades de estocagem. Entretanto, a escolha da densidade de estocagem ideal deve-se levar em consideração o objetivo de produção a ser alcançado e/ou do mercado consumidor.

5 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizado esse experimento, conclui-se que as densidades de estocagem avaliadas se mostraram viáveis para juvenis de tilápia-do-Nilo em sistema de bioflocos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, S. J. *et al.* An evaluation of stocking density on the intensive production of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 256, p. 174-179, 2006.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology**: a practical Guide Book. 2nd. ed. Baton Rouge, LA: The World Aquaculture Society, 2012.

_____. Carbon nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 176, n. 3-4, p. 227-235, 1999.

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

_____. KOCHBA, M. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using ¹⁵N tracing. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 287, n. 1-2, p. 163-168, 2009.

_____.; KOCHVA, M.; DIAB, S. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. **Bamidgeh**, Nir-David, v. 46, n. 3, p. 119-131, 1994.

_____.; RITVO, G. Shrimp and fish pond soils: processes and management. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 220, n. 1-4, p. 549-567, 2003.

AYROZA, L. M. S. *et al.* Custos e rentabilidade da produção de juvenis de tilápia-do-nilo em tanques-rede utilizando-se diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 2, p. 231-239, 2011.

AZIM, M. E. *et al.* Ingestion and utilization of periphyton grown on artificial substrates by Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 34, p. 85-92, 2003.

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**, Amsterdam, v. 283, n. 1-4, p. 29-35, 2008.

BERNARDES, M. V. S.; PADUA, D. M. C.; SILVA, P. C. Efeito da densidade de estocagem no desempenho produtivo da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantida em sistema de criação intensiva, tipo *raceway*, durante o inverno. **Anais das Escolas de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, v. 28, n. 2, p. 83-93, 1998.

BEZERRA, J. H. C. **Cultivo da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de bioflocos bacterianos**. 47 f. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

BORGHETTI, J. R.; OSTRENSKY, A. Estratégias e ações governamentais para incentivar o crescimento da atividade aquícola no Brasil. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE AQUICULTURA, 1., 1998, Recife, PE. **Anais...** Recife: SIMBRAQ, 1998. p. 437-447.

BOSCOLO, W. R. *et al.* Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1391-1396, 2001.

BOUJARD, T. *et al.* Feeding behavior, energy expenditure and growth of rainbow trout in relation to stocking density and food accessibility. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 33, n. 15, p. 1233-1242, 2002.

BOYD, C. E.; CLAY, J. W. **Evaluation of Belize Aquaculture, Ltda: a Superintensive Shrimp aquaculture system**. Report prepared under the World

Bank, NACA, WWF and FAO Consortium program on shrimp farming and the environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium, 2002.

BRANDÃO, F. R. *et al.* Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 357-362, 2004.

BROWDY, C. L. *et al.* Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: BROWDY, C. L.; JORY, D. E. (Eds.). The new wave proceedings of the special session on sustainable shrimp culture, Aquaculture. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, USA. 2001. p. 20-34.

CHAMBERLAIN, G. *et al.* Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C: N, II: composition and nutritional value of organic detritus. **The Global Aquaculture Advocate**, Missouri, p. 13-114, June 2001.

DECAMP, O. E. *et al.* Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 38, n. 3, p. 395-406, 2007.

DIANA, J. S.; Yi, Y.; LIN, C. K. Stocking densities and fertilization regimes for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production in ponds with supplemental feeding. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE MANILA, 6., Philippines. **Proceedings...** Philippines: BFA, 2004. p. 487-499.

EATON, A. D.; CLESERCI, L. S.; GREENBERG, A. E. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 10th ed. Washington, D.C.: Amer. Public. Health Assoc. (APHA), 1995.

EBELING, J. M. *et al.* Impact of the carbon/nitrogen ratio on water quality in zero-exchange shrimp production systems. In: INTERNATIONAL

CONFERENCE RECIRCULATING AQUACULTURE, 6., 2006, Virginia.
Proceedings... Virginia: Virginia Tech University, 2006a. p. 361-369.

EKARASI, J. *et al.* Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 441, p. 72-77. 2015.

EL-SAYED, A. F. M. **Intensive culture**. In: ABDEL-FATTAH, M. El-Sayed (Ed.). London: Tilapia Culture, 2006. cap. 5. p. 70-94.

EMERENCIANO, M. *et al.* Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 43, p. 447-457, 2012.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA G.; CUZON, G. **Biofloc Technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry**. 2013. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/biomass-now-cultivation-and-utilization/biofloc-technology-bft-a-review-for-aquaculture-application-and-animal-food-industry>>. Acesso em: 23 nov. 2015.

FERDOUS, Z.; MASUM, M. A.; ALI, M. M. Influence of Stocking Density on Growth Performance and Survival of Monosex Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fry. **International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture**, v. 4, n. 2, p. 99-103, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FÜLBER, V. M. *et al.* Desempenho comparativo de três linhagens de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 177-182, 2009.

GIBTAN, A.; GETAHUN, A.; MENGISTOU, S. Effect of stocking density on the growth performance and yield of Nile tilapia (*O. niloticus*, L.) in a cage culture system in lake kuriftu, Ethiopia, **Aquaculture Research**, Oxford, v. 39, n. 13, p. 1450-1460, 2008.

GOMES, S. Z.; SCHLINDWEIN. Efeito de períodos de cultivo e densidades de estocagem sobre o desempenho do catfish (*Ictalurus punctatus*) nas condições climáticas do litoral de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1266-1272, 2000.

HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v. 34, n. 3, p. 344-363, 2006.

HENGSAWAT, T.; WARD, F. J.; JARURATJAMORN, P. The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell 1822) cultured in cages. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 152, p. 67-76, 1997.

HILSDORF, A. W. S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas: uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 73-84, 1995.

HOPKINS, J. S. *et al.* Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets in intensive shrimp ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 24, p. 304-320, 1993.

HOPKINS, J. S.; SANDIFER, P. A.; BROWDY, C. L. Effects of two feed protein levels and feed rate combinations on water quality and production of intensive shrimp ponds operated without water exchange. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 26, p. 93-97, 1995.

KRUMMENAUER, D. *et al.* Viabilidade do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Crustácea: Decapoda) em gaiolas sob diferentes densidades durante o outono no sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 252-257, 2006.

KUBITZA, F. Criação de tilápias em sistema de bioflocos sem renovação de água. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 125, p. 14-23, 2011.

_____. **Qualidade da água na produção de peixes**. 3. ed. Jundiaí: Degaspari, 1999.

_____. Sistemas de recirculação: sistemas fechados com tratamentos e reuso da água. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 95, p. 15-22, 2006.

LAMBERT, Y.; DUTIL, J. D. Food intake and growth of adult Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) reared under different conditions of stocking density, feeding frequency and size grading. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 192, p. 133-147, 2001.

LAZZARI, R. **Densidade de estocagem, níveis protéicos e lipídicos da dieta na produção e aceitabilidade do filé de jundiá**. 2008. 148 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

LONG, L. *et al.* Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 448, p. 135-141, 2015.

MADRID, R. M. Avança Brasil: Programa de Desenvolvimento da Aquicultura. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP “TECNOLOGIA PARA APROVEITAMENTO INTEGRAL DO PESCADO”, 2000. Campinas. **Resumos...** Campinas: ITAL, 2000. p. 1-4.

MAEDA, H. *et al.* Efeitos da densidade de estocagem na segunda alevinagem de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), em sistema *raceway*. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, n. 3, p. 265-272, jul./set. 2006.

MARENGONI, N. G. Produção da Tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 55, n. 210, p. 127-138, 2006.

McINTOSH, B. J. *et al.* The effect of a bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with low-protein diet on outdoor tank system and no water exchange. **Aquacultural Engineering**, Essex, v. 21, p. 215-227, 2000.

McINTOSH, R. P. Changing paradigms in shrimp farming-V: establishment of heterotrophic bacterial communities. **The Global Aquaculture Advocate**, Missouri, v. 4, n. 1, p. 53-58, 2001.

MENSAH, E. T. D.; ATTIPOE, F. K.; JOHNSON, M. A. Effect of different stocking densities on growth performance and profitability of *Oreochromis niloticus* fry reared in hapa-in-pond system. **International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture**, v. 5, p. 204-209, 2013.

MILSTEIN, A. *et al.* Growth performance of hybrid bass and hybrid tilapia in conventional and active suspension intensive ponds. **The Israeli Journal of Aquaculture**, v. 53, n. 3-4, p. 147-157, 2001.

MORIARTY, D. J. W. The role of microorganisms in aquaculture ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 151, n. 1-4, p. 333-349, 1997.

MOSS, K. K.; MOSS, S. M. Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 35, n. 4, p. 536-542, 2004.

OTOSHI, C. A. *et al.* Shrimp behavior may affect culture performance at super intensive stocking densities. **The Global Aquaculture Advocate**, Missouri, v. 2, p. 67-69, 2007.

POERSCH, L. H. *et al.* Bioflocos uma alternativa para camarões saudáveis. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 130, p. 28-37, 2012.

PRETO, A. *et al.* Efeito da densidade de estocagem sobre o biofilme e o desempenho de pós-larvas do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em gaiolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1417-1423, 2005.

RIBEIRO, R. P. Espécies exóticas. In: MOREIRA, H. L. M. *et al.* **Fundamentos da moderna aquicultura**. Canoas: ULBRA, 2001. p. 91-121.

SALARO, A. L. *et al.* Effect of two stocking rates on the trairão (*Hoplias lacerdae*) fingerlings performance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1033-1036, 2003.

SAMOCHA, T. M. *et al.* Heterotrophic intensification of pond shrimp production. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECIRCULATING AQUACULTURE, 5., 2004, Roanoke. **Proceedings...** Roanoke, 2004. p. 40-48.

SAMPAIO, L. A.; TESSER, M. B.; WASIELESKY JÚNIOR, W. Avanços da maricultura na primeira década do século XXI: piscicultura e carcinicultura marinha. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 102-111, 2010. Suplemento Especial.

SCHIMITTOU, H. R. **Produção de peixes em alta densidade em tanques-rede de pequeno volume**. Campinas: Mogiana Alimentos e Associação Americana de Soja, 1997.

SERFLING, S. A. Microbiol flocs: natural treatment method supports freshwater, marine species in recirculating systems. **The Global Aquaculture Advocate**, Missouri, v. 9, p. 34-36, 2006.

SILVA, P. C. *et al.* Desempenho produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em diferentes densidades e trocas de água em “raceway”. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 4, p. 935-941, 2002.

THOMPSON, F. L.; ABREU, P. C.; WASIELESKY, W. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 203, p. 263-278, 2002.

TIDWELL, J. **Aquaculture production systems**. New Delhi, India: The World Aquaculture Society, 2012.

TURRA, E. M. *et al.* Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 34, n. 1, p. 29-36, 2010.

VAN, W. Production of *Litopenaeus vannamei* in recirculating aquaculture systems: management and design considerations. In: THE INTERNATIONAL CONFERENCE RECIRCULATING AQUACULTURE, 6., Virginia. **Proceedings...** Virginia: Tech University, Blacksburg, 2006. p. 38-47.

VELASCO, M.; LAWRENCE, A. L.; NEILL, W. H. Development of a static-water ecoassay with microcosm tanks for postlarval *Penaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 161, n. 1-4, p. 79-87, 1998.

WATANABE, W. O. *et al.* Tilapia production systems in the Américas: technological advances, trend, and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, v. 10, n. 3, p. 465-498, 2002.

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**, Bangalore, v. 19, n. 2, p. 73-80, 2012.

WILLIAMS, A. S.; DAVIS, D. A.; ARNOLD, C. R. Density-dependent growth and survival of *Penaeus Setiferus* an *Penaeus vannamei* in a semi-closed recirculating system. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 27, p. 107-112, 1996.