



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA

JOÃO HENRIQUE CAVALCANTE BEZERRA

**CULTIVO DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMA DE
BIOFLOCOS BACTERIANOS**

FORTALEZA
2014

JOÃO HENRIQUE CAVALCANTE BEZERRA

CULTIVO DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMA DE
BIOFLOCOS BACTERIANOS

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de pesca.

Orientador: Prof. Dr. Wladimir Ronald Lobo Farias.

FORTALEZA
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

B469c Bezerra, João Henrique Cavalcante.
Cultivo da Tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*) em sistema de bioflocos bacterianos / João Henrique Cavalcante Bezerra. – 2014.
45 f.: il. ; enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia de Pesca, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2014.

Área de Concentração: Aquicultura.

Orientação: Prof. Dr. Wladimir Ronald Lobo Farias

1. Aquicultura. 2. Sustentabilidade. 3. Densidade. I. Título.

CULTIVO DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMA DE
BIOFLOCOS BACTERIANOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Pesca.

APROVADA EM: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wladimir Ronald Lobo Farias (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Rosemeiry Melo Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Emanuel Soares dos Santos
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Dedico esse trabalho primeiramente a DEUS e todos da minha família, João Bezerra (Pai), Maria Eunice Cavalcante Bezerra (Mãe), Rosalívia C. Bezerra (Irmã), Roselânia C. Bezerra (Irmã), Roseane C. Bezerra (Irmã), Taynar Sabino (Esposa) e Nalu Sabino (Filha)

AGRADECIMENTOS

Ao meu Prof. Dr. Wladimir Farias, por toda sua dedicação ao laboratório de pesquisa e pela transmissão de conhecimentos e por sua amizade.

Aos amigos do Grupo de Pesquisa em Aquicultura Anderson Alan, William, Pedro, Rafael, Renato, Júnior Sousa, Tidy e Leonardo. Agradeço também todos aqueles que me ajudaram na execução prática dessa dissertação, Djavan, Júnior Carvalho, Alan Anderson, Roberta, Leny, Carlos e Daniel, aos meus amigos da “Equipe lost” Vitor, Mirgon, Caio, Ulisses (Dog), Elohim, Matheus (Tribucho), Ribeiro, Felipe (Bocão), Ítalo (Lorão), Ícaro (Didi), André, Samuel (Tião). Aos meus grandes amigos que estão comigo deste a época do Evolutivo Nayla, Karine, Cherllany, Mayara, Daniele, Diego, Luiz Henrique, ao funcionário do departamento Sidcleyton.

Vocês me chamam de Mestre e de Senhor e têm razão, pois sou mesmo. Se Eu, o Senhor e Mestre, lavei os pés de vocês, então vocês devem lavar os pés uns dos outros. Pois eu dei o exemplo para que vocês façam o que eu fiz.

Jesus Cristo, em João 13, 13-15

RESUMO

A produção pesqueira mundial oriunda da pesca extrativista está com sua produção estagnada desde os anos 2000. O aumento da demanda mundial do consumo de pescado tornou a aquicultura uma das principais alternativas de proteína para o consumo humano. Por outro lado, a intensificação da produção aquícola resulta em um aumento de impactos negativos sobre o meio ambiente, logo se faz necessário desenvolver novas tecnologias de cultivo a fim de minimizar os impactos ambientais. O sistema de bioflocos bacterianos vem se mostrando como uma alternativa aos cultivos tradicionais e a grande vantagem desse sistema é a redução do uso de água, além do aumento na produtividade. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico, os índices de qualidade de água, os índices de sustentabilidade, bem como os parâmetros econômicos de cultivos de tilápia do Nilo em diferentes densidades em um sistema de bioflocos bacterianos. Dentre os parâmetros de qualidade de água avaliados, a amônia e o nitrito apresentaram valores acima da faixa ideal nas diferentes densidades utilizadas (200, 400, 600 e 800 peixes m^{-3}), enquanto os valores de sólidos suspensos totais (SST) atingiram a faixa ideal apenas após 30 dias de cultivo, tempo insuficiente para a produção ideal de flocos biológicos e, conseqüentemente, a redução dos compostos nitrogenados. Em relação aos parâmetros zootécnicos, todos apresentaram diferença estatística nas quatro densidades experimentadas, sendo a densidade de 600 peixes m^{-3} a que apresentou melhores resultados quanto à produtividade e ganhos de biomassa. Quanto à sustentabilidade do cultivo, tanto o IS quanto o IQA encontrados foram classificados como baixos em todas as densidades, indicando uma qualidade de água ruim para os cultivos. Na análise econômica, houve prejuízo em todas as densidades, sendo a densidade de 600 peixes m^{-3} a que alcançou melhores resultados. No entanto, a receita bruta gerada foi de apenas R\$ 124,2 \pm 4,2, com um custo operacional parcial de R\$ 166,8 \pm 8,7, tornando necessário o prévio estabelecimento da comunidade microbiana neste tipo de sistema de cultivo, para que todos os parâmetros de qualidade de água permaneçam dentro dos padrões ideais.

ABSTRACT

The global production originated from extractive fisheries is stagnant since 2000s. With the increasing global demand for fish products, aquaculture has become one of the main alternatives for the protein supply for human consumption. On the other hand, the intensification of aquaculture production results in an increase of negative impacts on the environment, making necessary the development of new farming technologies that will minimize environmental impacts. The biofloc technology system is proving to be an alternative to traditional cultures, and the great advantage of this system is the reduction of water use, besides the increase in productivity. The objective of this study was to evaluate the growth performance, indexes of water quality, the sustainability indexes of cultures and the economic parameters of Nile tilapia culture at different densities in the bacterial biofloc system. Among the water quality parameters evaluated, ammonia and nitrite showed values above the optimal range used in different densities (200, 400, 600 and 800 fishes m^{-3}), while the values of Total Suspended Solids (TSS) reached the ideal range just after 30 days of culture, an insufficient time to an ideal biological production of flakes and, consequently, the reduction of the nitrogen compounds. Regarding the zootechnical parameters, all showed statistical difference in the four densities experienced, with the density of 600 fishes m^{-3} , presenting the best results in terms of productivity and biomass gain. About the sustainability of cultivation, both the IS and the IQA found were classified as low in all densities, indicating poor water quality of the cultivation. In the economic analysis, there was economic loss at all densities, with the density of 600 peixes. m^{-3} achieving better results. However, the gross revenue generated was only R\$ 124.2 \pm 4.2, with a partial operational cost of R\$ 166.8 \pm 8.7, making necessary the previous establishment of the microbial community in this type of culture system, so that all water quality parameters remain according to ideal standards.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Local do experimento e obtenção dos alevinos de tilápia.....	20
3.2	Delineamento experimental e condições de cultivo	20
3.3	Parâmetros de qualidade de água	21
3.5	Indicadores zootécnicos	23
3.6	Sustentabilidade do cultivo	25
3.7	Desempenho econômico.....	27
3.8	Estatística.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Qualidade de água e desempenho zootécnico	29
4.2	Índices de Sustentabilidade (IS) e Qualidade de água (IQA)	35
4.3	Avaliação do desempenho econômico	37
	CONCLUSÕES	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A produção pesqueira mundial oriunda da pesca extrativista está estagnada em torno de noventa milhões de toneladas, desde o ano 2000, devido ao declínio ou total esgotamento dos estoques pesqueiros (FAO, 2012). A redução dos estoques pesqueiros naturais, segundo Jiang (2010), é um problema relacionado à segurança alimentar e ao bem-estar social mundial.

Nos últimos anos, o aumento da demanda mundial do consumo de pescado tornou a aquicultura uma das principais alternativas como fonte de proteína de produtos aquáticos para o consumo humano (CAMARGO; POUHEY, 2005).

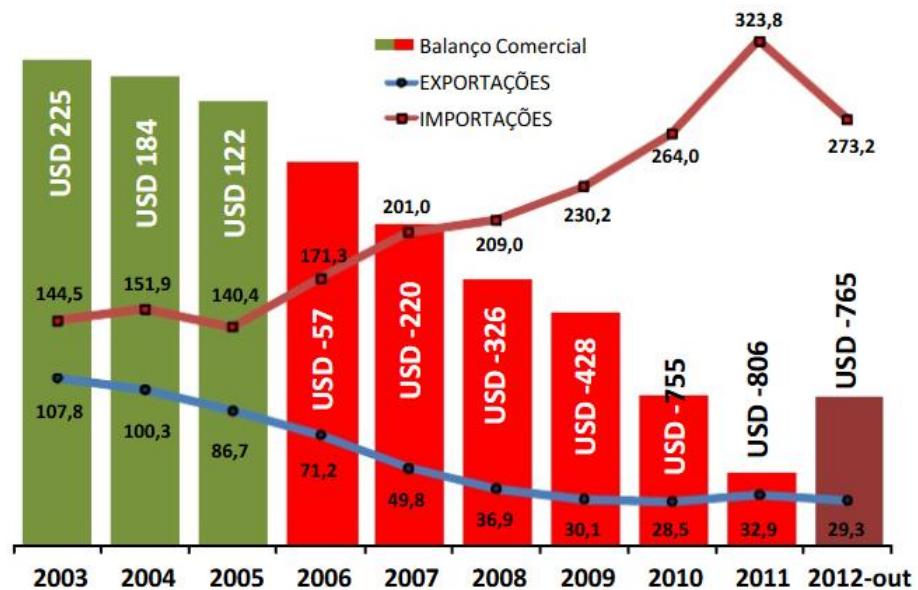
O volume total de pescado produzido pela pesca e aquicultura, no ano de 2010, foi de 148,5 milhões de toneladas e, deste total, 86,4% foram destinados à alimentação humana, sendo que 46,7% desse alimento foi oriundo da aquicultura. Assim, ocorreu um aumento superior a 10% quando comparado ao ano 2000, consequência de um crescimento médio anual de 8,3% da atividade aquícola desde os anos 90 (FAO, 2012). A mesma instituição estima que 50% da produção de pescado no ano de 2020 serão oriundas da aquicultura.

Para Gonçalves (2008), o aumento do consumo de pescado não é explicado somente pelo crescimento populacional e, segundo o autor, o avanço tecnológico dos meios de comunicação resultou em uma maior disponibilidade de informações, que despertaram a preocupação do consumidor em adquirir alimentos cada vez mais saudáveis e nutritivos.

O pescado passou a ser mais incluído na dieta, pois o mesmo é rico em proteínas e, principalmente, lipídios poli-insaturados como ômega 3, além de minerais como cálcio, fósforo, ferro e iodo, e ainda vitaminas A, D e do complexo B (MINOZZO, 2005).

A população brasileira consumiu no ano de 2010 em média, 9,75 kg.hab⁻¹.ano⁻¹ de pescado (BRASIL, 2012), ficando aquém dos 12 kg.hab⁻¹.ano⁻¹ recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (ISAAC; ALMEIDA, 2011). Apesar do baixo consumo de pescados, o Brasil não consegue suprir sua demanda e, segundo os dados do IBGE em 2010, éramos aproximadamente 192 milhões de brasileiros, o que gerava uma demanda bem superior se depender da produção pesqueira brasileira. Esta condição levou o Brasil a se tornar, a partir do ano de 2006, um país importador de pescado (FIGURA 1).

Figura 1 – Balança comercial brasileira de pescado.



Fonte: RAUL MALVINO MADRID (IBAMA-MMA/LABOMAR).
 Dados: <http://alicesweb.mdic.gov.br/>

A baixa produção de pescado brasileira se deve à falta de políticas públicas e investimentos no setor, haja vista que as potencialidades brasileiras para a produção aquícola são indiscutíveis.

O Brasil possui a maior reserva de água doce do planeta, com mais de 8 mil km³ totalizando 13,8% de toda água doce superficial do mundo. Além disso, possui 7.367 km de costa marítima, clima preponderantemente tropical e é autossuficiente na produção de grãos, que juntos com a farinha e óleo de peixe são importantíssimos na elaboração de rações. Todas essas potencialidades configuram o Brasil como uma possível potência no ramo aquícola (OSTRENSKY; BORGHETTI; SOTO, 2008)

Por outro lado, a intensificação da produção aquícola resulta em um aumento de impactos negativos sobre o meio ambiente (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008). Dessa forma, se faz necessário desenvolver novas tecnologias de produção a fim de minimizar os impactos ambientais, pois sua expansão não é justificável nem sustentável se forem utilizadas as tecnologias adotadas atualmente (JONES *et al.*, 2002).

Segundo Valenti (2000), a aquicultura moderna almeja o lucro, privilegiando a preservação ambiental.

O sistema de cultivo em bioflocos (BFT), ou também denominado de “*zero exchange aerobic heterotrophic culture system*” (ZEAH), vem se mostrando como uma alternativa aos cultivos tradicionais.

Os flocos microbianos são constituídos de microalgas, dejetos, exoesqueletos, restos de organismos, bactérias, protozoários, invertebrados, entre outros microrganismos.

A grande vantagem desse sistema é a redução do uso de água, diminuindo a emissão de efluentes, além de aumentar a produtividade em um menor espaço físico (BROWDY *et al.*, 2001). Isso ocorre devido os agregados microbianos auxiliarem na assimilação dos compostos nitrogenados presentes na água de cultivo que possibilita sua reutilização por diversos ciclos (SCHNEIDER *et al.*, 2005), podendo reduzir a concentração de amônia mais rapidamente do que o processo da nitrificação (HARGREAVES, 2006).

A tilápia do Nilo é o peixe mais produzido e consumido no Nordeste do Brasil, no entanto sua metodologia de cultivo foi estabelecida nos anos 90 e desde então pouco evoluiu. Assim, o presente trabalho teve como objetivos avaliar os índices de qualidade de água, os indicadores zootécnicos, os índices de sustentabilidade dos cultivos, bem como avaliar os parâmetros econômicos dos cultivos da tilápia do Nilo em diferentes densidades em um sistema de bioflocos bacterianos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A aquicultura envolve, principalmente, o cultivo de organismos que podem ser utilizados para a alimentação humana e que têm na água o seu habitat natural, porém não abrange apenas as espécies estritamente aquáticas, mas todas aquelas que em algum momento do seu ciclo de vida dependem da água.

Esta atividade é equiparada à atividade agropecuária, sendo classificada nos termos do art. 20 da Lei Nº 11.959 de 2009 (BRASIL, 2009). O cultivo de organismos aquáticos é uma atividade milenar, havendo registros da criação de carpas e outros organismos pelos chineses datados de 4000 anos atrás (CAMARGO; POUEY, 2005).

Segundo a FAO (2008), o surgimento da aquicultura se deu quando as comunidades rurais perceberam que a criação de peixes constituía uma estratégia de sobrevivência e subsistência. Contudo o seu desenvolvimento se deu apenas no século passado, quando foi possível controlar a reprodução de algumas espécies, crescendo o interesse comercial (ZIMMERMANN, 2001).

No Brasil, a aquicultura se tornou a atividade agropecuária que mais cresceu nos últimos quarenta anos, substituindo em parte o pescado proveniente da pesca extrativa (FIRETTI; GARCIA; SALES, 2007).

A tilápia é uma espécie originária da África e do Oriente Médio (FRYER; ILES, 1972), porém é o peixe mais cultivado no Brasil e alcançou uma produção em torno de 253.820 toneladas no ano de 2011 (FISHSTAT, 2013). Esta espécie foi introduzida nos açudes do Nordeste no ano de 1971 pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) (CASTAGNOLLI, 1996), visando aumentar a produção pesqueira dos açudes do semiárido brasileiro (GURGEL; OLIVEIRA 1987).

Existem aproximadamente 70 espécies de tilápias, no entanto apenas quatro possuem destaque na aquicultura: a tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus*; a tilápia de Moçambique *Oreochromis mossambicus*; a tilápia azul ou áurea *Oreochromis aureus* e a tilápia de Zanzibar *Oreochromis urolepis hornorum* (KUBITZA, 2011a).

Dentre essas espécies a mais utilizada na produção comercial do Brasil, é a tilápia-do-Nilo, linhagem chitralada, devido ao seu desenvolvimento superior em relação às outras espécies (ZIMMERMANN, 2000).

O cultivo da tilápia tem crescido bastante nos últimos anos, pois a espécie possui um excelente desempenho zootécnico e boa aceitação no mercado consumidor, características que a elegem entre as mais produzidas mundialmente (YASUI *et al.*, 2007).

No estudo de Schlindwein (2002), observou-se que na capital do Estado do Ceará, Fortaleza, a tilápia é conhecida por 94,3% da população e é consumida por 75,9% das pessoas.

A escolha do sistema de produção a ser empregado na aquicultura depende de alguns fatores que, segundo Kubitza (2011b) são os seguintes: disponibilidade de recursos financeiros e insumos; acesso e viabilidade do uso de tecnologia; disponibilidade de água; disponibilidade de área; condições climáticas adequadas; particularidades do mercado consumidor e das características intrínsecas de cada empresa.

No Brasil e no mundo, o cultivo de tilápias é realizado apenas com indivíduos machos, pois estes possuem maiores índices de crescimento e ganho de peso, uma vez que as fêmeas utilizam grande parte de suas reservas para as atividades reprodutivas (TACHIBANA *et al.*, 2004). Além disso, elas possuem maturação sexual precoce e se reproduzem muito cedo, podendo ocasionar baixo crescimento e uma elevada heterogeneidade no tamanho dos peixes, o que torna o controle reprodutivo um fator chave na produção comercial destes peixes (PHELPS, 2010).

Dentre as técnicas utilizadas para o controle reprodutivo, destacam-se a sexagem manual, o policultivo com espécies piscívoras, a produção de monossexo por hibridação e a reversão sexual com a utilização de hormônios masculinizantes, sendo essa última a técnica mais empregada atualmente (MAINARDES-PINTO *et al.*, 2000).

Dos hormônios utilizados na reversão sexual, o andrógeno sintético 17- α -metil testosterona (MT) é o mais utilizado, pois possui a vantagem de ser rapidamente excretado após a sua absorção pelos peixes (MAINARDES-PINTO, 2000).

O cultivo de peixes pode ser realizado de forma extensiva, semi-intensiva e intensiva, utilizando açudes, reservatórios, viveiros (tanque de terra), tanques de concreto, tanques-rede (flexíveis) ou gaiolas (rígidas) (CAMPOS, 2001).

O rápido desenvolvimento da aquicultura mundial tem ocasionado um significativo aumento dos impactos negativos no ambiente. Isto se deve as descargas de grandes quantidades de efluentes potencialmente poluidores, contendo alimentos não consumidos e fezes, que resultam na deterioração ambiental, tanto de corpos receptores de água, quanto em sedimentos (CRAB *et al.*, 2007).

A preservação ambiental faz parte do sistema de produção da aquicultura moderna (VALENTI, 2000) e várias tecnologias de cultivo têm sido estudadas com o objetivo de reduzir a concentração de nutrientes dos efluentes de cultivo de animais aquáticos e contribuir para a mitigação de seus impactos ambientais (TROELL *et al.*, 2009).

Pan *et al.* (2007) avaliaram a qualidade da água de um sistema de recirculação cujo efluente da aquicultura foi tratado com um cultivo hidropônico de capim (*Lolium perenne* Lam). Os autores verificaram que a amônia total era de 42,1% do nitrogênio total do efluente e que, após o tratamento, a amônia total passou de $7,1 \pm 0,7$ para $1,1 \pm 0,14$ mg L⁻¹, com um percentual da redução de $84,5 \pm 1,8\%$.

Segundo Freitas (2010), a macrófita *Eichhornia crassipes* é capaz de remover de 54,1 a 73,5% de nitrogênio inorgânico total e de 25,0 a 89,0% do fósforo total dos efluentes proveniente da piscicultura. Henry-Silva; Camargo (2006) avaliaram o efluente de um cultivo de tilápias tratadas com diferentes macrófitas aquáticas e verificaram que a maior taxa de remoção da amônia foi realizada pela *E. crassipes*, seguida de *Pistia stratiotes*, com remoções de 36,2 e 33,8%, respectivamente.

As microalgas são microrganismos que possuem clorofila e outros pigmentos fotossintéticos (RAVEN *et al.*, 2001), podendo ser encontradas no meio marinho, em água doce e no solo. Segundo Bezerra (2011), as microalgas *Nannochloropsis oculata* e *Spirulina platensis* foram capazes de reduzir em média 97,4% da amônia existente em um efluente de carcinicultura.

As macroalgas marinhas *Amansia multifida* e *Gracilaria cervicornis* são bastante eficientes em reduzir as concentrações de amônia de efluentes da piscicultura, assimilando cerca de 70% da amônia total após o tratamento com as macroalgas (ROCHA, 2008).

O sistema de cultivo em bioflocos (BFT), uma nova técnica utilizada em sistemas aquícolas, é constituído, principalmente, de uma densa e ativa comunidade microbiana aeróbica. Esses organismos são responsáveis por controlar a qualidade da água pela transformação da amônia em proteína microbiana (AVNIMELECH *et al.*, 1989, 1992; CRAB *et al.*, 2007).

A formação dos bioflocos depende diretamente da razão entre carbono e nitrogênio (C:N) na água dos cultivos e, segundo Wasielesky *et al.* (2006), a relação ideal é de aproximadamente de 15-20:1, pois dessa maneira ocorrerá o surgimento das bactérias heterotróficas.

Para manter o bom funcionamento do sistema, é necessária a agitação constante da coluna d'água e a adição de alguma fonte de carbono (QUADRO 1) que pode resultar em, até mesmo, a redução do teor de proteína na ração, pois os peixes também passam a se alimentar dos próprios bioflocos (AVNIMELECH, 1999; HARGREAVES, 2006), que podem alcançar níveis de proteína bruta de até 50% (Azim & Little 2008), possibilitando ainda a redução dos custos com alimentação, conforme observado por Avnimelech (1999).

Quadro 1 - Diferentes fontes de carbono utilizadas no sistema de bioflocos.

Fonte de carbono	Especie cultivada	Referências
Acetato	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Crab, et al. (2010)
Farinha de mandioca	<i>Penaeus monodon</i>	Avnimelech e Mokady (1988)
Celulose	<i>O. niloticus</i>	Avnimelech et al. (1989)
Farinha de milho	Híbrido da tilápia	Asaduzzaman et al. 2010)
Dextrose	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Suita (2009)
Glicerol, Glicose e Glicerol + Bacillus	<i>M. rosenbergii</i>	Crab et al. (2010)
Melaço	<i>L. vannamei</i> e <i>P. monodon</i>	Samocha et al. (2007)
Tapioca	<i>L. vannamei</i> e <i>M. rosenbergii</i>	Asaduzzaman, et al. (2008)
Farinha de trigo	<i>O. niloticus</i>	Azim (2008)
Farelo de trigo + melaço	<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> , <i>F. paulensis</i> e <i>F. duorarum</i>	Emerenciano et al. (2012)
Amido	<i>O. niloticus</i> x <i>O. aureus</i>	Crab et al. (2009)

Uma vantagem desse sistema é a redução da necessidade de água, diminuindo a emissão de efluentes e reduzindo os impactos ambientais, além de aumentar a produtividade.

O sistema reduz ainda o risco de introdução e disseminação de doenças e possui a capacidade de complementar a dieta dos animais através da produção de alimento natural (MCINTOSH *et al.*, 2000).

O tipo de aeração nesses sistemas pode determinar a uniformidade do tamanho dos flocos, bem como o equilíbrio entre suas taxas de agregação e fragmentação (SAMPAIO; TESSER; JÚNIOR, 2010).

A espécie a ser cultivada no sistema BFT deve possuir algumas características, tais como, resistência à alta densidade, tolerância a níveis intermediários de oxigênio dissolvido (3-6 mg L⁻¹) e à presença de sólidos em suspensão na água (10 à 15 mg L⁻¹), bem como apresentar hábito alimentar onívoro.

Os estudos têm sido realizados principalmente para cultivo de camarão (BURFORD *et al.*, 2004; WASIELSKY *et al.*, 2006) e, em menor número, para o cultivo de peixes ósseos (MILSTEIN *et al.*, 2001; SERFLING, 2006).

Estudos preliminares sobre o cultivo de tilápias no sistema BFT mostraram que os peixes se alimentaram mais em comparação aos animais cultivados em sistemas tradicionais (AVNIMELECH, 1994). Tilápias alimentadas com rações contendo diferentes teores de proteína bruta (35 e 24%) não apresentaram diferença no seu crescimento nos tanques com o sistema BFT, sendo superiores quando comparados ao crescimento dos peixes cultivados em águas claras sem bioflocos e alimentados com ração contendo 35% de PB (AZIM, 2008).

Segundo Avnimelech (2007), os flocos microbianos podem representar cerca de 50% da alimentação das tilápias, reduzindo os custos de produção.

O acompanhamento dos indicadores econômicos tem sido uma ferramenta importante no gerenciamento de empreendimentos aquícolas e o conhecimento adquirido pelo produtor, após diversos ciclos de produção, aumenta a probabilidade de maximizar os lucros (NOBRE *et al.*, 2009). A experiência adquirida, como relata Scorvo-Filho *et al.* (2008), é capaz de reduzir os custos com o passar do tempo, através de melhorias no processo produtivo.

Na piscicultura, os custos de produção têm relação direta com a espécie utilizada, a área explorada e a tecnologia de produção adotada (MARTINS *et al.*, 2001), bem como com a densidade de estocagem (CARNEIRO *et al.*, 1999; CAVERO *et al.*, 2003).

A densidade de estocagem é definida como a quantidade ou biomassa de organismos, por unidade de área ou volume. Sua determinação é importante, para

maximizar o aproveitamento do espaço ocupado pelos peixes, bem como para a reduzir os custos de produção.

O sistema BFT permite a utilização de altas densidades de estocagem, 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).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento e obtenção dos alevinos de tilápia

O experimento ocorreu no Centro de Biotecnologia Aplicada a Aquicultura (CEBIAQUA) do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará (UFC), onde foram utilizados alevinos de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* obtidos da Fazenda Mirassol, localizada no município de Guaiúba, Ceará, Brasil. Os alevinos foram transportados em sacos plásticos com suprimento de oxigênio puro para a unidade experimental da UFC.

3.2 Delineamento experimental e condições de cultivo

Foi realizado um delineamento inteiramente casual com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando um sistema com 16 tanques com volume útil de 1.000 L cada, no qual foi empregado o cultivo de tilápias na presença de bioflocos bacterianos nas densidades de 200, 400, 600 e 800 peixes m⁻³.

A água utilizada no experimento foi de abastecimento público da cidade de Fortaleza/CE, após o condicionamento de 24 horas para a liberação do cloro e não houve renovação de água durante todo o experimento, sendo introduzida água somente para repor as perdas devido à evaporação.

O sistema foi provido de aeração constante através do funcionamento alternado de dois compressores radiais de 2 CV e vazão 4,2 m³ min⁻¹ que forneciam ar sob pressão para cada caixa de cultivo, através de uma mangueira transparente de ½ polegada de forma circular disposta no assoalho da cada caixa. Cada mangueira possuía ainda cinco pedras porosas para melhorar a difusão do ar que era conduzido por uma encanação de PVC conectada aos compressores (FIGURA 2). A aeração intensa foi necessária para manter os níveis adequados de oxigênio na água como também para suspensão do material particulado.

Figura 2 – Estrutura utilizada para o cultivo da tilápia do Nilo em diferentes densidades de estocagem antes (A) e após a formação dos flocos microbianos (B).



A

B

Fonte: Arquivo pessoal.

Os alevinos de tilápia utilizados no experimento apresentaram peso médio inicial de $1,15 \pm 0,3$ g e foram alimentados três vezes ao dia, às 9h00min, 13h00min e 17h00min, com ração extrusada (Guabi) com teor de proteína bruta (PB) variando de 40 a 55% de acordo com a biomassa estocada.

3.3 Parâmetros de qualidade de água

Foram realizadas duas análises diárias (09h00min e 17h00min) para a determinação do pH e uma (09h00min) para mensurar o oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) e a temperatura ($^{\circ}\text{C}$). O pH foi determinado com um medidor de bancada (HANNA HI 221), enquanto o oxigênio e a temperatura foram mensurados com uma sonda eletrônica (YSI 55).

Os sólidos totais suspensos (SST) foram analisados, duas vezes por semana (13h00min), após o processamento de um litro de amostra de cada tanque em liquidificador industrial (TRON 5106000) por dois minutos seguida da leitura de uma sub-amostra de 10 mL em um espectrofotômetro HACH 2000, sendo o resultado expresso em mg L^{-1} .

As concentrações de N-amônia (mg L^{-1}), N-nitritos (mg L^{-1}) e alcalinidade total (mg L^{-1} de CaCO_3) foram determinadas semanalmente, sendo as duas

primeiras através de espectrofotometria (HACH 2000) e, a última determinada seguindo a metodologia apresentada pelo Standard Methods (APHA, 2005).

Para a realização de todas as análises, as amostras foram devidamente identificadas e acondicionadas em caixas térmicas à temperatura de 4,0 °C e levadas ao Laboratório de Planctologia no CEBIAQUA/UFC.

3.4 Formação e manutenção dos flocos microbianos

A manutenção dos flocos bacterianos foi realizada utilizando os mesmos procedimentos adotados por Avnimelec (2007) com melaço de cana de açúcar em pó para manter a relação carbono:nitrogênio em torno de 20:1 até a formação dos bioflocos. Para isso, determinou-se a quantidade de carbono adicionado a ser assimilado pelos microrganismos, pela equação 1.

$$\Delta C_{mic} = \Delta CH \times \%C \times E \quad (01)$$

Onde:

ΔC_{mic} - quantidade de carbono assimilada pelos microrganismos;

ΔCH – quantidade de carbono

$\%C$ - percentual de carbono presente na fonte de carboidrato adicionado e;

E - Coeficiente de conversão microbiana.

Posteriormente, foi determinada a quantidade de nitrogênio necessária para produção de novas células bacterianas (ΔN) pela equação 2, a qual depende da relação C:N na biomassa microbiana. Segundo Gaudy (1980), a razão entre carbono e nitrogênio na biomassa microbiana está em torno de 4.

$$\Delta N = \Delta C_{mic} / [C/N]_{mic}$$

Substituindo, tem-se que:

$$\Delta N = \Delta CH \times \%C \times E / [C/N]_{mic} \quad (02)$$

De acordo com Avnimelech (1999), pode-se considerar os valores de $\%C$ e E, como sendo 0,5 e 0,4, respectivamente.

Porém, uma vez que (ΔN) é a quantidade de nitrogênio necessária para produção de novas células microbianas, esta pode ser a quantidade de nitrogênio adicionada. Ou seja, depende do teor de proteína contido na ração ofertada (Equação 3).

$$\Delta N = \text{Ração (g)} \times \% \text{ N ração} \times \% \text{ N excretado} \quad (03)$$

Onde:

Ração (g) - quantidade de ração fornecida;

% N ração - o percentual de nitrogênio na ração e;

% N excretado - o percentual de nitrogênio excretado no ambiente de cultivo.

Para se calcular a quantidade de nitrogênio na ração, utilizou-se o percentual de proteína bruta (PB), substituindo-o na equação 04.

$$\% \text{ N ração} = \% \text{ de PB} \times (6,25-1) / 100 \quad (04)$$

Finalmente, a quantidade de carboidrato necessária para remoção do nitrogênio foi calculada pela equação 05. Para isto, utilizou-se o percentual de carbono (%C) presente no melaço.

$$\Delta CH = \Delta N / (\%C \times E \times [C/N]_{mic}) \quad (05)$$

3.5 Indicadores zootécnicos

Quinzenalmente, 20% dos peixes de cada tanque foram pesados em balança digital com precisão de 0,1 g e determinados os comprimentos totais com um ictiômetro. Foram então avaliados os seguintes parâmetros zootécnicos: taxa de sobrevivência (S%) (SOUZA *et al.*, 2008), ganho de biomassa (GB) (MARQUES *et al.*, 2004), ganho de peso médio diário (GPD) (SILVA *et al.*, 2006), taxa de crescimento específico (TCE) (ASADUZZAMAN *et al.*, 2009) e taxa de conversão alimentar aparente (TCA). A produtividade e o fator de eficiência protéica (FEP) em % também foram determinados. Estes parâmetros foram estimados pelas equações abaixo:

$$S\% = (Nf) \cdot 100 / Ni \quad (06)$$

Onde,

S - taxa de sobrevivência (%);

Nf e Ni - número final e inicial de peixes, respectivamente.

$$GB = Bf - Bi \quad (07)$$

Onde,

GB – ganho de biomassa,

Bf e Bi – biomassa final e inicial (mg), respectivamente.

$$GPD = PMf - PMi / T \quad (08)$$

Onde,

GPD - ganho de peso médio diário (mg dia^{-1}),

PMf e PMi - peso médio final e inicial (mg),

T – tempo de cultivo (dias).

$$TCE = \ln Pf - \ln Pi / T \times 100 \quad (09)$$

Onde:

ln – logaritmo neperiano e;

Pf e Pi – peso médio inicial e final (mg);

T – tempo de experimento (d).

$$TCA = QR / GB \quad (10)$$

Onde,

TCA – taxa de conversão alimentar

QR – quantidade de ração consumida (mg).

$$FEP = GB / (\text{Teor de proteína bruta} \cdot \text{Quantidade de ração fornecida}) \quad (11)$$

Onde,

FEP – Fator de Eficiência Protéica (%).

3.6 Sustentabilidade do cultivo

A avaliação da sustentabilidade do cultivo foi realizada através do índice de sustentabilidade (IS) e índice de qualidade de água (IQA) adaptados de Santos *et al.* (2011). Como indicadores, foram utilizados quatro parâmetros de qualidade de água: oxigênio dissolvido, pH, amônia e nitrito, os quais representaram impurezas quando ultrapassam valores estabelecidos (SIMÕES *et al.*, 2008).

Antes da análise da sustentabilidade, os indicadores de qualidade de água foram normalizados pela transformação do valor médio real obtido do indicador em um número entre zero e um, de forma que, quanto mais próximo de um, maior a condição de sustentabilidade alcançada e, quanto mais próximo de zero, menor essa condição. Mais especificamente o IS é classificado em baixo, quando o valor estiver entre 0 e 0,40, médio de 0,41 a 0,70 e alto quando variar entre 0,71 e 1,0 (SANTOS *et al.*, 2011).

Para a normalização foi necessário definir os valores máximos e mínimos para cada parâmetro de qualidade de água. Os valores mínimos e máximos usados para a normalização dos parâmetros de qualidade de água utilizados como indicadores foram definidos conforme os valores desejáveis e estressantes para peixes conforme Sá (2012): para o OD, 1 e 7 mg L⁻¹; pH, 6 e 9; amônia, 0,1 e 2,5 mg L⁻¹ e; para o nitrito foi considerado como mínimo 0,1 e máximo 1,0 mg L⁻¹.

Posteriormente, foi definido o número de classes adotadas e, então, calculado o intervalo de classes para cada indicador:

$$Ic = (Vf - Vi) / (Nc - 1) \quad (12)$$

Onde,

Ic – intervalo de classe de normalização;

Vf – valor considerado indesejado ou insustentável para o indicador que está sendo avaliado;

Vi – valor considerado desejado ou sustentável para o indicador que está sendo avaliado; e

Nc – número de classes estabelecidas;

Após a obtenção dos intervalos de classes e dos fatores de normalização, foram definidas as equações de regressão de normalização referentes a todos os indicadores por uma correlação em que os valores de cada indicador representaram a variável independente “x”, e o intervalo de classe, a dependente “y”, o valor médio real de cada indicador ao final da pesquisa, foi substituído por “x” em sua respectiva equação para a obtenção do valor normalizado “y”.

Finalmente, após a obtenção dos valores normalizados (zero a um) dos indicadores de qualidade de água foram estabelecidos pesos variando de zero a três, conforme a importância de cada indicador e calculados o IS de todos os indicadores pela equação 19 e o IQA pela equação 20, o qual foi classificado em baixo, quando o valor esteve entre 0 e 40%, médio, 41 e 70% e alto quando esteve entre 71 e 100% (SANTOS *et al.*, 2011).

$$IS = \sum_{\pm}^m [E . P / m . Pmax] \quad (13)$$

Onde,

IS – Índice de Sustentabilidade;

E – escore do i-ésimo indicador;

P – peso do i-ésimo indicador;

Pmax – peso máximo do i-ésimo indicador;

I – 1, ..., m.; e

m – número de indicadores;

$$IQA = [(NOD + NpH + Namônia + Nnitrito) / 4] . 100 \quad (14)$$

Onde:

IQA – Índice de Qualidade de Água;

NOD – valor normalizado da concentração de oxigênio dissolvido;

NpH – valor normalizado de pH;

Namônia – valor normalizado da concentração de amônia;

Nnitrito – valor normalizado da concentração de nitrito;

3.7 Desempenho econômico

A análise econômica foi baseada nas metodologias de Silva *et al.* (2003) e Marengoni *et al.* (2008), considerado o custo operacional parcial (COP) com ração, melaço, peixe, energia e água utilizada, e a receita bruta (RB) atribuída ao valor de mercado para a venda dos peixes a partir das seguintes equações:

$$\text{COP} = [(\text{QR} \cdot \text{PR}) + (\text{NA} \cdot \text{PA}) + (\text{QM} \cdot \text{PM}) + (\text{VAb} \cdot \text{PAb}) + (\text{QE} \cdot \text{PE})] \quad (15)$$

Onde:

COP – custo operacional parcial;

QR – quantidade média de ração por tratamento (kg);

PR – preço do kg de ração (R\$ kg⁻¹);

QM – quantidade média de melaço por tratamento (kg);

PM – preço do kg de melaço (R\$ kg⁻¹);

NA – número inicial de alevinos por tratamento (unidade);

PA – preço unitário dos alevinos (R\$ unidade⁻¹);

VAb – Volume de água bruta utilizada (L);

PAb – Preço do litro de água bruta (R\$ L⁻¹);

QE – quantidade média de energia por tratamento (Kw)

PE – Preço do Kwh (R\$ Kwh)

$$\text{RB} = \text{NF} \cdot \text{PP} \quad (16)$$

Onde:

RB – receita bruta (R\$);

NF – número final de peixes por tratamento (unidade);

PP – preço unitário do peixe após o cultivo (R\$ unidade⁻¹);

$$\text{RLP} = \text{RB} - \text{COP} \quad (17)$$

Onde:

RLP – receita líquida parcial (R\$);

$$\text{IC} = \text{COP} / \text{NF} \quad (18)$$

Onde:

IC – incidência de custo (R\$ peixe⁻¹).

Os valores utilizados nos cálculos da avaliação econômica dos cultivos, tendo como base o mercado cearense para o ano de 2013 foram:

- a) Alevinos de tilápias do Nilo – R\$0,08 unidade⁻¹;
- b) Alevinão - valor de R\$0,30 unidade⁻¹;
- c) Ração - Foi utilizado o valor médio de comércio da ração para tilápia do Nilo de R\$ 2,48 kg⁻¹;
- d) Melaço – R\$ 2,00 kg⁻¹;
- e) Água Bruta - Foi utilizado o valor de R\$ 0,0047 L⁻¹ conforme a tarifa da Companhia de Água e Esgoto do Ceará;
- f) Energia – R\$ 0,29815 kwh conforme a tarifa da Companhia de Eletricidade do Ceará;

3.8 Estatística

Os valores médios dos parâmetros de qualidade de água, zootécnicos e econômicos obtidos de cada tratamento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) simples ($P < 0,05$) e, quando houve diferença significativa, as médias dos parâmetros foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualidade de água e desempenho zootécnico

Dos parâmetros analisados nas quatro densidades observadas, a temperatura, pH, e a concentração de nitritos não variaram significativamente entre as diferentes densidades de estocagem utilizadas ($p>0,05$) (TABELA 1).

Tabela 1 – Média dos parâmetros de qualidade da água do cultivo de juvenis de tilápias do Nilo em diferentes densidades em sistema de bioflocos.

Parâmetro	Densidade (peixe m ⁻³)			
	200	400	600	800
Temperatura (°C)	31,9 ± 1,5	32,1 ± 1,6	32,1 ± 1,5	32,1 ± 1,5
OD (mg L ⁻¹)	6,6 ± 0,3 ^a	5,9 ± 0,3 ^b	5,5 ± 0,5 ^b	5,4 ± 0,5 ^b
pH (9h00min)	7,9 ± 0,2	7,9 ± 0,2	7,9 ± 0,2	7,9 ± 0,2
pH (17h00min)	7,8 ± 0,2	7,8 ± 0,2	7,8 ± 0,2	7,8 ± 0,2
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	139,4 ± 55,7 ^b	156,2 ± 64,1 ^b	183,8 ± 80,8 ^a	191,1 ± 78,1 ^a
Amônia (mg L ⁻¹)	3,4 ± 2,9 ^b	4,2 ± 3,1 ^{ab}	5,2 ± 4,1 ^{ab}	5,4 ± 3,9 ^a
Nitrito (mg L ⁻¹)	5,9 ± 3,3	3,0 ± 2,1	4,2 ± 3,1	7,14 ± 5,2
SST (mg L ⁻¹)	107,6 ± 71,1 ^c	174,0 ± 113,1 ^b	220,1 ± 159,3 ^a	252,3 ± 207,6 ^a

*Os valores representam as médias ± desvio padrão. Letras diferentes representam diferença estatística ($p<0,05$).

Fonte: Dados do experimento.

A temperatura influencia diretamente na velocidade do metabolismo dos peixes, por isso é considerada um parâmetro de fundamental importância em cultivos (MARQUES *et al.*, 2004). Apesar dos cultivos terem sido realizados externamente e expostos às condições climáticas, os valores médios de temperatura se mantiveram próximos a 32 °C, valor máximo de temperatura recomendada para o desenvolvimento da tilápia do Nilo (KUBTIZA, 2011c), não havendo diferença entre as diferentes densidades ($p>0,05$). A proximidade dos tanques entre si, sendo expostos as mesmas variações ambientais, durante os 39 dias de cultivo, favoreceu esta condição.

A concentração de OD do tratamento de 200 peixes m⁻³, foi diferente dos demais tratamentos, o restante não apresentou diferença estatística ($p<0,05$) e os valores médios observados foram crescentes com a redução da densidade de

peixes (TABELA 1). Assim, o tratamento que apresentou os maiores valores foi o que utilizou a densidade de 200 peixes m^{-3} ($6,6 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$), no entanto, em todas as densidades utilizadas, as concentrações médias de OD se mantiveram na faixa ideal para a tilápia do Nilo. O OD, assim como a temperatura, é um parâmetro de grande importância. Segundo Sá (2011), os peixes toleram curtos períodos de tempo quando expostos às concentrações menores que $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ e podem sofrer com o aparecimento de bolhas de gás no sangue quando expostos às concentrações acima de $15,0 \text{ mg L}^{-1}$. Por outro lado, concentrações de OD entre 4 e 15 mg L^{-1} são consideradas ideais, promovendo boas taxas de crescimento e integridade biológica.

O pH se manteve levemente alcalino em todas as densidades testadas, não variando ($p > 0,05$) ao longo do período de cultivo. Além disso, praticamente não apresentou variação diária, se mantendo em $7,9 \pm 0,2$ às 9h00min e $7,8 \pm 0,2$ às 17h00min (TABELA 1). Isso ocorreu, possivelmente, devido ao tamponamento do pH pela alta alcalinidade encontrada em todos os tratamentos, principalmente nas densidades de 600 e 800 peixes m^{-3} , as quais apresentaram concentrações de $183,8 \pm 80,8$ e $191,1 \pm 78,1 \text{ mg de CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, respectivamente ($p < 0,05$).

Segundo Boyd (1979), valores de pH entre 6,5 e 9 são considerados ideais para o cultivo de peixes. Baixos valores de pH causam estresse ácido, podendo ocasionar morte por acidose sanguínea em valores abaixo de quatro, por outro lado valores acima de 11 causam estresse alcalino, ocasionando a morte por alcalose sanguínea.

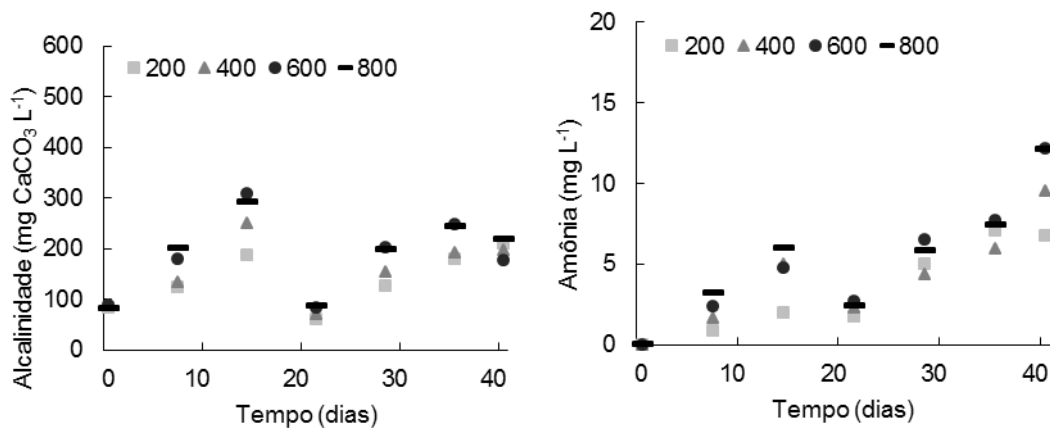
Segundo Sá (2011), a faixa ideal de alcalinidade total para espécies cultivadas em água doce é de 20 a $150 \text{ mg de CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$. Assim, apenas nas densidades de 200 e 400 peixes m^{-3} a concentração média de $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ permaneceu em torno da faixa ideal ($139,4 \pm 55,7$ e $156,2 \pm 64,1 \text{ mg L}^{-1}$), enquanto nas outras ficou acima (Tabela 1)

Ebeling *et al.* (2006) descreveram que em sistemas com troca de água limitada há o consumo de aproximadamente $3,57 \text{ g de CaCO}_3$ por grama de amônia, sendo geralmente necessário a adição de uma fonte de carbono para manter a alcalinidade em níveis aceitáveis.

Durante os primeiros 15 dias de cultivo, a amônia e alcalinidade tiveram suas curvas ascendentes (Figuras 3), no entanto observou-se que o aumento da alcalinidade foi influenciado pelo melaço de cana introduzido no sistema, que deixou

de ser ofertado do dia 15 até o dia 21. Desta maneira, foi possível observar uma redução dos valores de alcalinidade e de amônia, bem como o aumento máximo dos valores de nitrito no final deste período (Figura 4).

Figura 3 – Variação de alcalinidade (A) e Amônia (B) ao longo de 39 dias do cultivo de juvenis de tilápias do Nilo em diferentes densidades em sistema de bioflocos. Cada ponto representa a média de quatro repetições



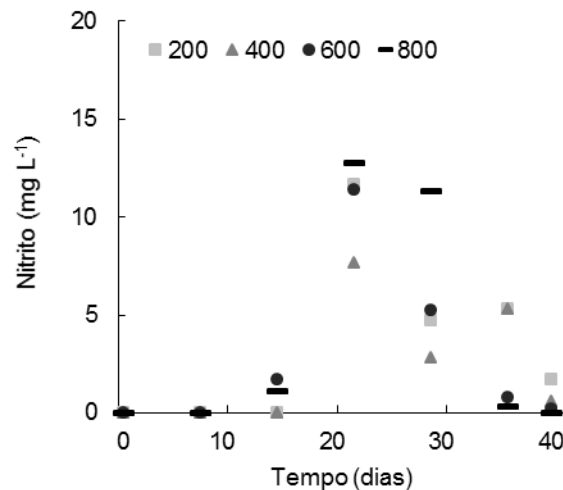
Fonte: Dados do experimento.

Este aumento da amônia pode ser atribuído ao ciclo do nitrogênio em ambientes aquáticos (ALLAN; CASTILLO, 2007), onde a matéria orgânica particulada e dissolvida é transformada em amônia por ação das bactérias amonificantes. A partir do momento do estabelecimento das bactérias nitrificantes, a amônia foi reduzida em todos os tratamentos. No entanto, passou a subir novamente, acumulando também muito nitrito na água do sistema. Dessa forma, a capacidade destes microrganismos em ciclar o nitrogênio foi ultrapassada ou seja, a capacidade de suporte do sistema foi superada.

Após o vigésimo dia de cultivo, as altas concentrações de amônia (FIGURA 3B), observadas em todos os tratamentos, dispensaram a necessidade de correção da alcalinidade com uma fonte de carbono e indicaram que o tempo de 39 dias possivelmente não foi suficiente para que ocorresse efetivamente a diminuição da alcalinidade através do consumo por bactérias heterotróficas. Dessa forma, a concentração de amônia não foi reduzida, principalmente nas densidades de 600 e 800 peixes m⁻³, que apresentaram concentrações superiores ($p < 0,05$) das demais, com médias de $5,2 \pm 4,1$ e $5,4 \pm 3,9$ mg L⁻¹, respectivamente.

Assim como a amônia, o nitrito apresentou valores elevados (FIGURA 4), no entanto não houve diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos, apresentando média geral de $4,97 \text{ mg L}^{-1}$, estando bem acima do valor tolerado pelos peixes que é de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ (SÁ, 2011). A toxidez por nitrito gera a metahemoglobina que é formada pela ligação do nitrito com a hemoglobina, conferindo a coloração marrom ao sangue, impossibilitando o transporte do oxigênio, que resulta em hipóxia tecidual (KNUDSEN; JENSEN, 1997).

Figura 4 – Variação do nitrito ao longo de 39 dias do cultivo de juvenis de tilápias do Nilo em diferentes densidades em sistema de bioflocos. Cada ponto representa a média de quatro repetições.



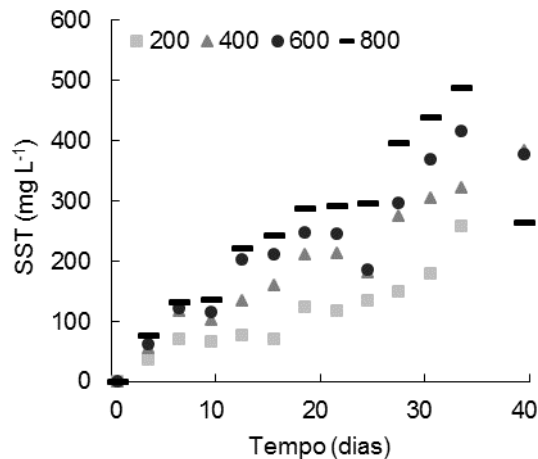
Fonte: Dados do experimento.

Todos os materiais presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuíram para a carga de sólidos suspensos totais (SST), os quais foram significativamente diferentes ($p<0,05$) entre as densidades experimentais (TABELA 1), sendo observados os maiores valores médios de $220,1 \pm 159,3$ e $252,3 \pm 207,6$ respectivamente, nas densidades de 600 e 800 peixes m^{-3} .

Segundo Baloi *et al.* (2013), a faixa desejável de SST em cultivos realizados em sistema de bioflocos deve variar de 400 a 600 mg L^{-1} . Pode-se observar na Figura 5 que os valores de SST foram crescentes ao longo do período de cultivo, atingindo a faixa desejável somente após 30 dias de cultivo nas densidades de 600 e 800 peixes m^{-3} . Isto sugere, mais uma vez, que o tempo de 39 dias não foi suficiente para que houvesse a produção ideal de flocos biológicos e, conseqüentemente, a eficiente redução dos compostos nitrogenados e da

alcalinidade. Provavelmente, a produção de bioflocos antes da estocagem dos peixes poderia ter promovido melhores condições de cultivo para os animais.

Figura 5 – Variação de sólidos suspensos totais (SST) ao longo de 39 dias do cultivo de juvenis de tilápias do Nilo em diferentes densidades em sistema de bioflocos. Cada ponto representa a média de quatro repetições.



Fonte: Dados do experimento.

A Tabela 2 mostra todos os parâmetros zootécnicos acompanhados e que alguns dos parâmetros houveram diferenças estatística entre alguma das quatro densidades experimentadas ($p > 0,05$).

Tabela 2 – Parâmetros zootécnicos do cultivo de juvenis de tilápias do Nilo cultivadas em diferentes densidades em sistema de bioflocos.

Parâmetro	Densidade (peixe m ⁻³)			
	200	400	600	800
Sobrevivência (%)	78,5 ± 4,2 ^a	73,4 ± 1,9 ^a	69,0 ± 2,3 ^a	32,6 ± 2,9 ^b
PMF (g peixe ⁻¹)	17,4 ± 1,1 ^a	13,9 ± 1,3 ^b	12,4 ± 1,2 ^b	10,1 ± 1,3 ^c
Produtividade (kg m ⁻³)	2,7 ± 0,1 ^b	4,1 ± 0,1 ^{ab}	5,1 ± 0,2 ^a	2,6 ± 2,6 ^b
GPD (g dia ⁻¹)	0,4 ± 0,1 ^a	0,3 ± 0,1 ^b	0,3 ± 0,1 ^b	0,2 ± 0,1 ^b
TCE (% dia ⁻¹)	2,9 ± 0,1 ^a	2,6 ± 0,1 ^b	2,5 ± 0,1 ^b	2,3 ± 0,2 ^b
GB (kg)	2,5 ± 0,2 ^a	3,9 ± 0,1 ^b	4,9 ± 0,2 ^b	2,4 ± 2,6 ^a
TCA	0,9 ± 0,1 ^a	0,9 ± 0,1 ^a	0,9 ± 0,1 ^a	-
FEP (%)	1,9 ± 0,1 ^a	1,9 ± 0,2 ^a	2,1 ± 0,1 ^a	1,5 ± 1,3 ^b

*Os valores representam as médias ± desvio padrão. Letras diferentes representam diferença estatística ($p < 0,05$).

Fonte: Dados do experimento.

Onde:

PMF – Peso médio final; GPD - Ganho de peso médio diário; TCE - Taxa de crescimento específico; GB – Ganho de Biomassa; TCA - Taxa de conversão alimentar aparente; FEP - Fator de eficiência protéica

As elevadas concentrações de amônia e nitrito em todos os tratamentos influenciaram negativamente na sobrevivência dos peixes, uma vez que as melhores taxas nas densidades de 200 ($78,5 \pm 4,2\%$), 400 ($73,4 \pm 1,9\%$), 600 ($69,0 \pm 2,3\%$) e 800 ($32,6 \pm 2,9$) peixes m^{-3} , foram inferiores as encontradas por Bailey *et al.* (2000), que relataram taxas de sobrevivência de 91,2 a 91,9% entre cultivos de tilápias com densidades de 200 e 450 juvenis m^{-3} em um sistema de recirculação de água. Gall e Bakar (1999) avaliaram o efeito de diferentes densidades de estocagem de tilápias de 10 a 200 juvenis m^{-3} e relataram taxas de sobrevivência variando de 88 a 95%, também melhores que as observadas no presente trabalho.

Os piores resultados foram observados na densidade de 800 peixes m^{-3} , principalmente em relação à TCA, apresentando valor negativo devido à baixa taxa de sobrevivência de apenas $32,6 \pm 2,9\%$, a menor dentre os tratamentos ($p < 0,05$). Esta alta mortalidade apresentada pode ser atribuída, principalmente, à maior densidade de estocagem, uma vez que houve maior desconforto dos peixes estocados, pois os compostos nitrogenados permaneceram muito acima da faixa tolerável para a espécie.

As TCAs médias nas densidades de 200, 400 e 600 peixes m^{-3} não variaram ($p > 0,05$), apresentando valores em torno de 0,9. Trabalhos com sistemas de recirculação de água como o de Bailey *et al.* (2000) encontraram valores de TCA variando de 1,17 a 1,33 nas densidades estudadas, já Silva *et al.* (2002) relataram TCAs de 1,22 a 1,25. Maeda *et al.* (2002) descreveram valores que variaram de 1,30 a 1,56. Todos estes valores encontrados foram cerca de 1,5 vezes superiores aos os observados no presente experimento, mostrando que a boa conversão provavelmente foi devida as outras fontes de alimento como os próprios bioflocos.

Quanto a TCE dos animais cultivados, os valores foram diferentes ($p < 0,05$) entre os tratamentos, sendo observado melhor resultado médio na densidade de 200 peixes por m^{-3} , $2,9 \pm 0,1$. Silva *et al.* (2002) encontraram taxas de crescimento específico próximas as observadas no presente experimento, quando

avaliaram o desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) estocados nas densidades de 180 (2,30%), 240 (2,25%) e 300 (2,25%) juvenis m^{-3} em tanques circulares, porém com duas trocas totais diárias de água (0h30 e 0h60min) em um sistema de “raceway”. Dessa forma, os cultivos nas densidades de 400 e 600 peixes por m^{-3} também apresentaram boas TCEs para um sistema sem troca de água.

O cultivo realizado com densidade de 600 peixes por m^{-3} , apesar de apresentar menor ganho de peso médio diário e menor taxa de crescimento específico ($p>0,05$), se consolidou como sendo o mais eficiente nas condições adotadas neste experimento, uma vez que apresentou melhores resultados ($p>0,05$) quanto à produtividade e ganho de biomassa, com médias de $5,1 \pm 0,2$ kg m^{-3} e $4,9 \pm 0,2$ kg, respectivamente.

4.2 Índices de Sustentabilidade (IS) e Qualidade de água (IQA)

Através da obtenção dos parâmetros de qualidade de água é possível definir indicadores com o intuito de refletir o grau de sustentabilidade de determinada atividade. Porém a principal dificuldade de se avaliar o IS e IQA é a classificação da água em baixa, média e alta sustentabilidade ou qualidade, uma vez que depende de suas várias aplicações como irrigação, recreação, uso industrial, abastecimento público, manutenção da vida aquática, entre outras. Assim, é necessário o desenvolvimento de indicadores específicos para avaliação de sua sustentabilidade, tendo em vista cada atividade (SANTOS *et al.*, 2011; SIMÕES *et al.*, 2008).

Os valores estabelecidos pelas equações de intervalo de classe de normalização para os indicadores de qualidade de água obtidos no presente trabalho e seus respectivos fatores de normalização utilizados para calcular o IS e o IQA podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Fator de normalização dos parâmetros de qualidade de água, produtividade e econômicos.

Indicador	Fator de normalização										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	≤1,0	1,6	2,2	2,8	3,4	4,0	4,6	5,2	5,8	6,4	7,0≥
pH	6,0	6,2	6,3	6,5	6,6	6,8	6,9	7,1	7,2	7,4	7,5
	9,0	8,9	8,7	8,6	8,4	8,3	8,1	8,0	7,8	7,7	7,5
N-amônia (mg L ⁻¹)	2,5	2,3	2,0	1,8	1,5	1,3	1,1	0,8	0,6	0,3	0,1
N-nitrito (mg L ⁻¹)	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

Fonte: Dados do experimento.

A partir da obtenção dos valores apresentados na Tabela 3 foram obtidas as equações de regressão de normalização referentes a todos os indicadores (TABELA 4).

Tabela 4 - Equações para normalização dos indicadores.

Indicadores	Equação de normalização
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	$y = 0,1667x - 0,1667$
pH	$y = 0,6667x - 4$
	$y = -0,6667x + 6$
Amônia (mg L ⁻¹)	$y = -0,4167x + 1,0417$
Nitrito (mg L ⁻¹)	$y = -1,1111x + 1,1111$

Fonte: Dados do experimento.

Posteriormente foram obtidos o IS e IQA (Tabela 6) nas quatro densidades de cultivo realizadas.

Tabela 5 – Valor normalizado dos resultados de IS dos parâmetros utilizados como indicadores.

Parâmetros	Densidade (peixe m ⁻³)			
	200	400	600	800
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	0,93	0,82	0,75	0,73
pH	0,73	0,73	0,73	0,73
Amônia (mg L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Dados do experimento.

Apesar do OD e pH terem sido classificados de alta sustentabilidade em todos os tratamentos, de forma geral os valores de IS e de IQA foram classificados em baixa sustentabilidade, enquanto para a densidade de 200 peixe m⁻³ foi

considerado de média sustentabilidade, e os indicadores que contribuíram para esta classificação foram, principalmente, a amônia e o nitrito por terem sido classificados de baixa sustentabilidade (TABELA 6).

Tabela 6 - Resultados de IS e IQA dos cultivos em diferentes densidades e suas determinadas avaliações.

Densidade (peixe m ⁻³)	Índice e classificação			
	IS	Sustentabilidade	IQA (%)	Qualidade
200	0,42	Média	42	Média
400	0,39	Baixa	39	Baixa
600	0,37	Baixa	37	Baixa
800	0,37	Baixa	37	Baixa

Fonte: Dados do experimento.

Estes resultados mostraram que as diferentes densidades de cultivo, neste trabalho, provavelmente não foram os fatores primordiais em termos de sustentabilidade e do índice de qualidade de água, indicando, como já descrito anteriormente, que possivelmente o tempo de 39 dias não foi suficiente para que houvesse a produção ideal de flocos biológicos e, conseqüentemente, não promoveu a desejada redução dos compostos nitrogenados e da alcalinidade.

4.3 Avaliação do desempenho econômico

A avaliação econômica do cultivo da tilápia do Nilo no sistema de bioflocos foi realizada considerando quatro indicadores: Receita Bruta (RB), Custo Operacional Parcial (COP), Receita Líquida Parcial (RLP) e Incidência de Custo (IC).

A análise econômica, mesmo sendo um fator de importância inquestionável é essencial para se avaliar a viabilidade do investimento em instalações, materiais, equipamentos e novas tecnologias de cultivo, ainda é negligenciada por pesquisadores e piscicultores. Dessa forma, há uma escassez de trabalhos sobre análises de custos e lucratividade em atividades aquícolas que possam servir de referências para novos estudos (SILVA *et al.*, 2003)

Como se pode observar na avaliação econômica dos cultivos (Tabela 7), houve prejuízo em todas as densidades, sendo a densidade de 600 peixes m⁻³ a que alcançou melhores resultados nos quatro indicadores econômicos observados ($p > 0,05$). A alta densidade e a boa taxa de sobrevivência de $78,5 \pm 4,2\%$, obtidas

nesta densidade, proporcionaram uma maior quantidade de peixes ao final do cultivo. No entanto, foi gerada receita bruta de apenas R\$ 124,2 ± 4,2, com custo operacional parcial de R\$ 168,2 ± 8,7, não resultando em lucro, e sim prejuízo de R\$ -39,9 ± 1,2 por metro cúbico.

Tabela 7 – Parâmetros de desempenho econômico do cultivo de juvenis de tilápias do Nilo em diferentes densidades em sistema de bioflocos.

Densidade (peixe m⁻³)	RB (R\$)	COP (R\$)	RLP (R\$)	IC (R\$ peixe⁻¹)
200	47,1 ± 2,5 ^c	119,2 ± 0,1 ^d	-72,1 ± 2,5 ^c	0,76 ± 0,1 ^a
400	88,1 ± 2,3 ^b	142,9 ± 1,7 ^c	-54,8 ± 3,3 ^b	0,49 ± 0,1 ^b
600	124,2 ± 4,2 ^a	168,2 ± 8,7 ^a	-39,9 ± 1,2 ^a	0,40 ± 0,1 ^c
800	78,3 ± 78,8 ^{abc}	184,7 ± 11,3 ^a	-108,8 ± 80,7 ^{abc}	3,73 ± 5,4 ^{abc}

*Os valores representam as médias e desvio padrão. Letras diferentes representam diferença estatística (p<0,05).

Fonte: Dados do experimento.

Onde:

RB – Receita Bruta; COP – Custo Operacional Parcial; RLP – Receita Líquida Parcial; IC – Índice de Custo

Os piores resultados foram obtidos na densidade de 800 peixes m⁻³. Este fato ocorreu como consequência da baixa sobrevivência (32,6 ± 32,9%), o que elevou a incidência de custo para R\$ 3,73 ± 5,4, inviabilizando os cultivos nesta densidade com um prejuízo de R\$ 108,8 ± 80,7 por metro cúbico.

Tabela 8 – Dados de custos do cultivo de juvenis de tilápias do Nilo em diferentes densidades em sistema de bioflocos.

Densidade (peixe m⁻³)	Alevinos (indivíduo)		Melaço (Kg)		Ração (Kg)		Água (L)		(Kw h⁻¹)	
	Quant	R\$	Quant.	R\$	Quant	R\$	Quant	R\$	Quant	R\$
200	200	16,0	4,7	9,4	2,4	5,9	1000	4	1.101,2	83,8
400	400	32,0	7,1	14,3	3,3	8,8	1000	4	1.101,2	83,8
600	600	48,0	10,0	20,0	5,0	12,4	1000	4	1.101,2	83,8
800	800	64,0	10,2	20,5	5,0	12,4	1000	4	1.101,2	83,8

*Os valores representam as médias e desvio padrão. Letras diferentes representam diferença estatística (p<0,05).

Fonte: Dados do experimento.

Um dos componentes mais importantes para a determinação da viabilidade econômica da produção de peixes é a densidade de estocagem. Segundo Scorvo Filho *et al.* (1998) sistemas mais intensivos são mais rentáveis. Desta forma, a análise da produtividade e dos custos em diferentes densidades pode auxiliar na tomada da decisão. Para a tomada de decisões mais precisas, os fatores que podem afetar os custos de produção devem ser relacionados com as variáveis do desempenho produtivo e o acompanhamento do ambiente estudado. Esta relação permite a identificação de itens mais importantes e a prioridade em que devem ser trabalhados (MAREGONI *et al.*, 2008).

Segundo Crivelenti *et al.*, (2006) o levantamento dos custos de produção é um instrumento importante para a tomada de decisão.

Com os dados coletados no presente trabalho, foi possível a identificação de aspectos que devem ser melhorados para tornar o sistema de bioflocos mais produtivo e lucrativo. A energia foi responsável em média por 56,02% dos custos de produção em todos os tratamentos. A energia é indispensável para manter os flocos em suspensão no sistema, como também pelo incremento de oxigênio dissolvido na água, entretanto é necessário um melhor dimensionamento do sistema de aeração para calcular o mínimo de potência necessária para suprimento adequado do sistema.

Scorvo Filho *et al.* (2010) relatam que a ração pode representar de 40 a 60% do custo total da produção em aquicultura, porém no presente trabalho o custo com a ração foi de 6,30%, que somado ao custo com o melaço, que também serve indiretamente como fonte alimentar, chegou a apenas 16,52% dos custos para esses dois insumos.

Ayroza *et al.* (2011) realizaram a produção de juvenis de tilápia-do-nilo com peso inicial de $43,08 \pm 2,98$ em tanques-rede, utilizando diferentes densidades de estocagem (100, 200, 300 e 400 peixes m^{-3}). Após 47 dias de cultivo, os peixes apresentaram um peso médio final de 115,14 g (400 peixes m^{-3}) a 147,09 g (100 peixes m^{-3}). O custo médio foi de R\$ 0,26 peixe⁻¹, variando de R\$ 0,25 (200 e 400 peixes m^{-3}) a R\$ 0,28 (100 peixes m^{-3}), valores esses inferiores aos encontrados no presente trabalho. Os autores ainda encontraram custos variando de R\$ 0,72 (100 peixes m^{-3}) a R\$ 0,57 (400 peixes m^{-3}), quando cultivaram os peixes por um período de 73 dias, obtendo uma receita negativa para a densidade 400 peixes m^{-3} nesse período.

CONCLUSÕES

As concentrações de amônia e nitritos apresentaram valores acima da faixa ideal em todos os tratamentos avaliados, enquanto os sólidos suspensos totais (SST) atingiram a faixa ideal apenas após 30 dias de cultivo, tempo insuficiente para que houvesse a produção ideal de flocos biológicos e, conseqüentemente, a redução dos compostos nitrogenados.

O cultivo realizado na densidade de 600 peixes por m^{-3} apresentou melhores resultados quanto à produtividade e ganho de biomassa.

Quanto à sustentabilidade do cultivo, tanto o IS quanto o IQA foram classificados como médios para densidade de 200 peixe m^{-3} e baixos para as demais densidade testadas, indicando uma qualidade de água ruim para os cultivos em termos de compostos nitrogenados.

Finalmente, em relação ao desempenho econômico, foi constatado que não houve lucratividade em nenhuma densidade testada. É, portanto, necessário o prévio estabelecimento dos bioflocos no sistema de cultivo, antes da introdução dos peixes, para que todos os parâmetros de qualidade de água fiquem dentro dos padrões ideais para a espécie cultivada.

REFERÊNCIAS

ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M.; **Stream Ecology Structure and function of running Waters**, Second Edition Rio de Janeiro: School of Natural Resources & Environment, The University of Michigan, Ann Arbor, MI, U.S.A., 2007, 444p.

APHA – American Public Health Association. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. Washington: D. C.: APHA/AWWA-WPCF, 2005.

AYROZA, L. M.S.; ROMAGOSA, E.; AYROZA, D. M. M. R.; SCORVO FILHO, J. D.; SALLES, F. A. Custos e rentabilidade da produção de juvenis de tilápia-do-nilo em tanques-rede utilizando-se diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.2, p.231-239, 2011.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; HUQUE, S.; SALAM, M. A.; AZIM, M. E. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, v. 280, p. 117–123. 2008.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J.; BENERJEE, S.; AKTER, T.; HASAN, M.M.; AZIM, M.E. Effects of addition of tilapia *Oreochromis niloticus* and substrates for periphyton developments on pond ecology and production in C/N controlled freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming systems. **Aquaculture**. v.287, n.3-4, p.371–380, 2009.

ASADUZZAMAN, M.; RAHMAN, M. M.; AZIM, M. E.; ISLAM, M. A.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; VERRETH, J. A.J. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. **Aquaculture** v. 306, p. 127–136. 2010.

AVNIMELECH, Y.; MOKADY, S. Protein biosynthesis in circulated ponds. In: PULLIN, R. S. V.; BHUKASWAN, T.; TONGUTHAI, K.; MACLEAN, J.L. editors. **Proceedings of Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture**, Department of Fisheries of Thailand and ICLARM, Manila, Philippines, pp. 301–309. 1988.

AVNIMELECH, Y.; MOKADY, S.; SCHORODER, G. L. Circulated ponds as efficient bioreactors for single cell protein production. **Bamidgeh**. 41:58–66. 1989.

AVNIMELECH, Y.; DIAB, S.; KOCHVA, M. Control and utilization of inorganic nitrogen in intensive fish culture ponds. **AquaC. Fish. Manage**. 23, 421–430. 1992.

AVNIMELECH, Y.; KOCHVA, M.; DIAB, S. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. **Bamidgeh** 46:119–131. 1994.

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

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. ***Aquaculture***, v.264, n.1-4, p.140–147, 2007.

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*** 283:29–35. 2008.

BAILEY, D. S.; RACKOCY, J. E.; MARTIN, J. M.; SHULTZ, R. C. Intensive production of tilapia fingerlings in a recirculating system. In: International symposium on tilapia aquaculture, ***Panorama da Aquicultura***, v. 2, p. 328-333, 2000.

BALOI, M.; ARANTES, R.; SCHVEITZER, R.; MAGNOTTI, C.; VINATEA, L. Performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised in biofloc systems with varying levels of light exposure. ***Aquacultural Engineering***, v.52, p.39–44, 2013.

BEZERRA, J. H. C. **Biorremediação do efluente proveniente da carcinicultura por microalgas**. Monografia (Graduação Engenharia de Pesca) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

BOYD, C.E. **Water quality in warmwater fish ponds**. Auburn: Auburn University, AL, EUA. 359p. 1979.

BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; MCINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H.; PEARSON, D. C. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero exchange system. ***Aquaculture***, 232, 525–537. 2004.

BRASIL. Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 30 jun. Seção 1, p. 1. 2009

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura Brasil 2010**. Brasília: MPA; 2012.

CAMARGO, S. G. O. de; POUHEY, J. L. O. F. AQUICULTURA - UM MERCADO EM EXPANSÃO. ***Revista brasileira Agrociência***, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 393-396, outubro, 2005.

CAMPOS, C. F. M. **“Viabilidade Sócio-econômica e Ambiental da Piscicultura em Tanque-Rede no Pantanal de Mato Grosso do Sul”**. Dissertação de Mestrado, Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, DF, 87p. 2001.

CASTAGNOLLI, N. **Aqüicultura para o ano 2000**. Brasília: CNPq, 95p. 1996.

CAVERO, B.A.S. et al. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu em ambiente confinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.1, p.103-107, 2003.

CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v.270, n.1-4, p.1-14, 2007.

CRAB, R.; KOCHVA, M.; VERSTRAETE, W.; AVNIMELECH, Y. Bioflocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquaculture Engineering**. 40:105-112. 2009.

CRAB, R.; CHIELENS, B.; WILLE, M.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. The effect of diferente carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. **Aquaculture Research**. 41: 559-567. 2010.

CRIVELENTI, L.Z.; BORIN, S; PIRTOUSCHEG, A; NEVES, J.E.G.; ABDÃO, E.M. Desempenho econômico da criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de produção intensiva. **Veterinária Notícia**, Uberlândia-MG, v.12, n.2, p. 117-122, 2006.

EBELING, J.M.; TIMMONS, M.B.; BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v.257, n.1-4, p. 346–358, 2006.

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). **Aquaculture Research** 43:447-457. 2012.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. 2009. The state of world fisheries and aquaculture 2008. Roma: FAO.

FIRETTI, R.; GARCIA, S.M.; SALES, D.S. Planejamento estratégico e verificação de riscos na piscicultura. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Planejamento/Index.htm> Acesso em 22 nov. 2013.

FREITAS, F. V. **Biorremediação em efluentes de piscicultura utilizando macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) e probióticos**. 2010. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual da Paraíba - PB, Campina Grande. 2010.

FRYER, G.; ILES, T. D. The cichlid fishes of the Great Lakes of Africa, their biology and evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh, Scotland, 641 pp. 1972.

FÜLBER, V.M.; MENDEZ, L.D.V.; BRACCINI, G.L.; BARRERO, N.M.L.; DIGMEYER, M.; RIBEIRO, R.P. Desempenho comparativo de três linhagens de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.31, n.2, p.177-182, 2009.

GAUDY, A.F., GAUDY, E.T. **Microbiology for Environmental Scientists and Engineers**. McGraw-Hill, 736 p. 1980.

GALL, G. A. E.; BAKAR, Y. Stocking density and tank size in design of breed improvement programs for body size of tilapia. **Aquaculture**, v. 173, n. 1-4, p. 197-205, 1999.

GURGEL, J. J. S.; OLIVEIRA, A. G. Efeitos da introdução de peixes e crustáceos no semi-árido do nordeste brasileiro. **Coleção Mossoroense**, 453: 7-32. 1987.

GRAEFF, A. Viabilidade econômica do cultivo de carpa comum (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) em monocultivo em densidades diferentes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.3, p. 678-684, 2004.

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

MCINTOSH, D.; SAMOCHA, T. M.; JONES, E. R.; LAWRENCEA, A. L.; MCKEE, D. A.; HOROWITZ, S.; HOROWITZ, A. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v.21, n.3, p.215–227, 2000.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.24, n.2, p.519-526, 2006.

ISAAC VJ, ALMEIDA MC. El consumo de pescado en la Amazonía Brasileña, Relatório FAO. Roma: FAO; 2011.

KNUDSEN, P. K.; JENSEN, F. B. Recovery from nitrite-induced methaemoglobinaemia and potassium balance disturbances in carp. **Fish Physiology Biochemistry** v.16, n. 1, p.1-10, 1997.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí. 2011.

MAINARDES-PINTO, C. S. R.; FENERICH-VERANI, N.; CAMPOS, B. E S.; SILVA, A. L.; Masculinização da Tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, Utilizando Diferentes Rações e Diferentes Doses de 17 α -Metilttestosterona. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 29 n. 3 p. 654-659, 2000.

MAEDA, H.; SILVA, P. C.; AGUIAR, M. S.; PADUA, D. M. C.; OLIVEIRA, R. P. C.; MACHADO, N. P.; RODRIGUES, V.; SILVA8, R. H. Efeitos da densidade de

estocagem na segunda alevinagem de Tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), em sistema *raceway*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 3, p. 265-272, 2006.

MARENGONI, N.G.; BUENO, G.W.; GONÇALVES JÚNIOR, A.C.; OLIVEIRA, A.A.M.A. Desempenho produtivo e viabilidade econômica de juvenis de tilápia-do-Nilo cultivados na região oeste do Paraná sob diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.9, n.2, p. 341-349, 2008.

MARQUES, N.R.; HAYASHI, C.; SOUZA, S.R.; SOARES, T. Efeito de diferentes níveis de arraçoamento para alevinos de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) em condições experimentais. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.30, n.1, p.51-56, 2004.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília. 276 p. 2008.

PAN, J.; SUN, H.; NDUWIMAN, A.; WANG, Y.; ZHOU, G.; YING, Y.; ZHANG, R.: Hydroponic plate/fabric/grass system for treatment of aquacultural wastewater. **Aquacultural Engineering**, v. 37, p. 266 – 273, 2007.

PROENÇA, C.E.M.; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de Piscicultura Tropical**. Brasília: IBAMA, 1994. 196p

PHELPS, R. P.; OKOKO, M.; A non-paradoxical dose response to 17 α -methyltestosterone by Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.): effects on the sex ratio, growth and gonadal development. **Aquaculture Research**, p 1-10, 2010.

RAVEN, P.H. et al. **Biologia vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906p.

ROCHA, N. M. ; JUNIOR, J. S. ; FARIAS, W. R. L. Reutilização de água em um sistema integrado com camarões, sedimentação, ostras e macroalgas marinhas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 4, p. 540-547, out-dez, 2008.

SÁ, M.V.C. **Limnocultura**: Limnologia para aquicultura. Edições UFC, 218p. 2012.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROCK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Engineering**. 36:184–191. 2007.

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

SANTOS, E.S.; FURTADO-NETO, M.; MOTA, S.; SANTOS, A.B.; AQUINO, M.D. Cultivo de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado, com diferentes taxas de alimentação. **Revista DAE**, v. 180, p. 4-11, 2009.

SANTOS, E.S.; MOTA, S.; SANTOS, A.B.; MONTEIRO, C.A.B.; FONTENELE, R.M.M. Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.16, n.1, p.45-54, 2011.

SCHLINDWEIN, M. M. **A cadeia produtiva da Tilápia no Estado do Ceará: Uma pesquisa de marketing com enfoque para o consumidor**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Economia Rural) Departamento de Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará- UFC. Fortaleza, 2002.

SCORVO FILHO, J.D.; MARTIN, N.B; AYROZA, L.M.S. Piscicultura em São Paulo: custos e retornos de diferentes sistemas de produção na safra 1996/97. **Information economics**. v. 28, n. 3, p. 41-60, 1998.

SCORVO FILHO, J.D.; FRASCÁ-SCORVO, C.M.D.; ALVES, J.M.C.; SOUZA, F.R.A. A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.112-118, 2010.

SILVA, L.B.; BARCELLOS; L.J.G.; QUEVEDO, R.M.; SOUZA, S.M.G.; KREUTZ, L.C.; RITTER, F.; FINCO, J.A.; BEDIN, A.C. Alternative species for traditional carp polyculture in southern South America: Initial growing period. **Aquaculture**, v.255, n.1-4, p. 417–428, 2006.

SILVA, P.C.; KRONKA, S.N.; TAVARES, L.H.S.; JÚNIOR, R.P.S.; SOUZA, V.L. Avaliação econômica da produção de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistema “raceway”. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 25, n. 1, p. 9- 13, 2003.

SILVA, P. C.; KRONKA, S. N.; TAVARES, L. H. S. SOUZA, V. L.; Desempenho produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em diferentes densidades e trocas de água em “raceway” **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 935-941, 2002.

SIMÕES F.S.; MOREIRA, A.B.; BISINOTI, M.C.; BISINOTI, M.C.; GIMENEZ, S.M.N.; YABE, M.J.S. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. **Ecological Indicators**, v. 8, n.5 p. 476-484, 2008.

SOUZA, S.M.G.; OLIVEIRA, D.; SANTOS, C.V.; GOMES, M.E.C.; ESTEVES, C.D. Desempenho e conversão alimentar de juvenis de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) alimentadas com *Azolla filiculoides* e ração com baixo teor lipídico. **Ciências Agrárias**. v. 29, n. 2, p. 459-464, 2008.

SUITA, S. M. **O uso da Dextrose como fonte de carbono no desenvolvimento de bioflocos e desempenho do camarão-branco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em sistema sem renovação de água**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. 2009.

TACHIBANA, L.; CASTAGNOLLI, N.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; VALLE, J. B.; SIQUEIRA, M. R.; Desempenho de diferentes linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 305-311, 2004.

TROELL, M.; JOYCE, A.; CHOPIN, T.; NEORI, A.; BUSCHMANN, A. H.; FANG, J. G. Ecological engineering in aquaculture – Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. ***Aquaculture***, v. 297, n.1–4, p.1–9, 2009.

VALENTI, W.C. Aquaculture for sustainable development. In: VALENTI, W.C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. (Eds.) **Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPQ/Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. p.17-24.

WASIELSKY, JR.,W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C. L. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. ***Aquaculture*** 258, 396–403. 2006.

YASUI, G. S.; SANTOS, L. C.; SHIMODA, E.; RIBEIRO-FILHO, O. P.; CALADO, L. L.; FREITAS, A. S.; VIDAL JR, M. V.; FERREIRA, E. B. Masculinização de três linhagens de tilápias do Nilo utilizando o andrógeno sintético 17- α -metil-testosterona. ***Zootecnia Tropical***, v. 25, n. 4, p. 307-310, 2007.

ZIMMERMANN, S. O bom desempenho das chitraladas no Brasil. ***Panorama da Aqüicultura***, v.10, p.15-19, 2000.

ZIMMERMANN, S. Estado atual e tendências da moderna aquicultura. In: MOREIRA, H. L. M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P., ZIMMERMANN, S. (Org.). **Fundamentos da moderna aquicultura**. Canoas: Editora da ULBRA, p. 191-199. 2001.