

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI**

CRISTIANE QUITÉRIA CALDEIRA

**DIFERENTES SUBSTRATOS DE BIOFILTROS NA LARVICULTURA DE
TILÁPIA DO NILO**

**DIAMANTINA - MG
2011**

CRISTIANE QUITÉRIA CALDEIRA

**DIFERENTES SUBSTRATOS DE BIOFILTROS NA LARVICULTURA DE TILÁPIA
DO NILO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

Orientador: Prof. Marcelo Mattos Pedreira

DIAMANTINA - MG
2011

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária Viviane Pedrosa CRB6 2641

C1451 2011	<p>Caldeira, Cristiane Quitéria Diferentes substratos de biofiltros na Larvicultura de tilápia do Nilo. / Cristiane Quitéria Caldeira – Diamantina: UFVJM, 2011. 36p.</p> <p>Dissertação (Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Zootecnia)-Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p>Orientador: Prof. Marcelo Mattos Pedreira</p> <p>1. Nitrificação 2. Parâmetros limnológicos 3. Qualidade da água, 4. Biofiltração I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDD 639.311</p>
---------------	--

CRISTIANE QUITÉRIA CALDEIRA

**DIFERENTES SUBSTRATOS DE BIOFILTROS NA LARVICULTURA DE
TILÁPIA DO NILO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos
Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA em 29/08/2011



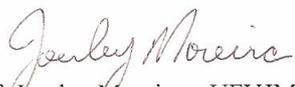
Prof. Marcelo Mattos Pedreira – UFVJM
Orientador



Prof. Idalmo Garcia Pereira – UFMG



Prof. Aldrin Vieira Pires – UFVJM



Prof. Joerley Moreira – UFVJM

DIAMANTINA – MG
2011

”Muitas vezes, o esforço é justamente o que precisamos em nossas vidas.
Se Deus nos permitisse passar através das nossas vidas sem qualquer
obstáculo, ele nos deixaria impossibilitados de atingir os objetivos.
Nós não iríamos ser tão fortes como poderíamos ter sido.
Eu pedi Força... E recebi Dificuldades para me fazer Forte.
Eu pedi Sabedoria... E recebi Problemas para Resolver.
Eu pedi Prosperidade... E recebi Cérebro e Músculos para Trabalhar.
Eu pedi Coragem... E recebi Perigo para Superar.
Eu pedi Amor... E recebi pessoas com Problemas para Ajudar.
Eu pedi Favores... E recebi Oportunidades.
Eu não recebi nada do que pedi... Mas eu recebi tudo de que precisava”.

(Autor desconhecido)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos amigos, familiares e professores que estiveram sempre ao meu lado, não apenas nas melhores situações, como também nas mais difíceis...

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me dado força, coragem, sabedoria e saúde para vencer mais esta etapa da minha vida. A cada dia que passa aumenta a certeza de que Ele esteve e estará sempre ao meu lado.

Aos meus pais, Antônio e Ita, pela lição de que a maior riqueza que se deixa para um filho é a educação.

Às minhas irmãs, principalmente a Polly, pelas acolhidas em sua casa e por todo o apoio durante o meu mestrado.

Agradeço ao meu namorado, Renan, pelo carinho, apoio, compreensão e ensinamentos durante a etapa final deste trabalho.

Agradeço a todos os meus familiares, que sempre me motivaram, em especial, meus avós, Sinval (In memórian) e Quitéria, que sempre mandaram correntes de energia e positivismo.

Às minhas amigas que sempre me ajudaram nos momentos de dificuldades e que sempre me apoiaram e me confortaram com palavras amigas.

Ao meu orientador Marcelo Mattos Pedreira pela confiança, paciência, credibilidade e dedicação nestes dois anos de mestrado.

Aos colegas do Mestrado, Eglerson, Alcione, Deliane, Marcos e Anselmo, pela amizade, ajuda e apoio prestados.

Ao Carlos e a Talita, técnicos do laboratório de Aqüicultura, pela amizade e dedicação ao meu trabalho.

A todos os professores, em especial, ao Aldrin pelo auxílio nas análises estatísticas e ao Rony pela colaboração e incentivo.

Agradeço também ao professor Alexandro Aluísio (Alex), por ter sido o primeiro a me incentivar e apoiar as pesquisas no setor da piscicultura.

Agradeço a banca avaliadora, pelo convite aceito e pela compreensão durante todo esse tempo.

Enfim, agradeço a todos que me apoiaram diretamente e indiretamente em mais essa etapa.

RESUMO

CALDEIRA, Cristiane Quitéria. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, setembro de 2011. 36p. **Diferentes substratos de biofiltros na larvicultura de tilápia do Nilo**. Orientador: Marcelo Mattos Pedreira. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Objetivou-se neste trabalho, comparar diferentes substratos de biofiltro na recirculação de água na larvicultura de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Foram utilizadas 1200 larvas de uma mesma desova, com 10 dias após a eclosão, comprimento inicial de 11,58 mm e peso médio de 189 mg distribuídas em 20 aquários com 6 L de água (60 larvas/aquário), em uma densidade de 10 larvas/L. As larvas foram submetidas a cinco tratamentos, quatro tipos de biofiltros internos compostos por: concha/brita, cascalho, porcelana, brita e um controle, sem biofiltro, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os biofiltros compostos por concha/brita e porcelana obtiveram os melhores resultados em nitrato, nitrito e amônia, indicando melhor eficiência no processo de biofiltração. A maior condutividade e pH proporcionada pelo concha/brita em relação ao porcelana, indica uma maior capacidade de tamponamento e manutenção de qualidade de água. O oxigênio que não diferiu entre os tratamentos, esteve adequado para a espécie e para a recirculação de água. As sobrevivências foram similares, mas verificou-se uma tendência decrescente do concha/brita para a porcelana, cascalho, brita e sem substrato. Nos parâmetros morfométricos, os biofiltros porcelana e cascalho diferenciaram dos demais tratamentos, apresentando os melhores resultados. Com os resultados obtidos, sugere-se a utilização de biofiltro composto por porcelana ou concha/brita devido a maior eficiência nos parâmetros limnológicos e morfométricos, associados a sobrevivência na larvicultura de tilápias do Nilo.

Palavras-chave: nitrificação, parâmetros limnológicos, qualidade da água, biofiltração

ABSTRACT

CALDEIRA, Cristiane Quitéria. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, setembro de 2011. 36p. **Different substrates of the biofilters in hatchery Nile tilapia.** Adviser: Marcelo Mattos Pedreira. Dissertation (Master's degree in Animal Science).

The objective of this study was to compare different substrates biofilter in recirculated water at the hatchery of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). 1200 larvae were used from the same spawn, with 10 days after hatching, initial length of 11.58 mm and average weight of 189 mg distributed in 20 aquariums with 6 L of water (60 larvae / aquarium) at a density of 10 larvae/L. Larvae were subjected to five treatments, four types of internal biofilters made of: shell/crushed stone, gravel, porcelain, crushed stone and a control without biofilter, distributed in a completely randomized design with five treatments and four replications. The biofilter composed of shell/gravel and porcelain have the best results in nitrate, nitrite and ammonia, indicating greater efficiency in the process of biofiltration. The higher conductivity and pH by proportional shell/gravel over the porcelain, indicates a higher buffering capacity and maintenance of water quality. The oxygen did not differ between treatments, was suitable for the species and for water recirculation. The survivals were similar, but there was a downward trend in the shell/gravel for the porcelain, gravel, crushed stone and without substrate. In the morphometric parameters, the porcelain and gravel biofilters differed from other treatments, delivering the best results. With these results, we suggest the use of biofilter composed of porcelain or shell/gravel due to greater efficiency in limnological and morphometric parameters associated with survival in Nile tilapia hatchery.

Keywords: nitrification, limnological parameters, water quality, biofiltration

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1. Biofiltros	13
2.2. Nitrificação.....	14
2.3. Parâmetros Limnológicos.....	14
2.3.1. temperatura.....	15
2.3.2. oxigênio.....	15
2.3.3. pH e condutividade.....	15
2.3.4. turbidez.....	16
2.3.5. nitrato e nitrito.....	16
2.3.6. amônia.....	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5. CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
ANEXOS.....	34

1. INTRODUÇÃO

A América Latina e o Caribe têm despontado nas últimas décadas como a região de maior crescimento da aquicultura com uma taxa mundial de 22% (FAO, 2008). No entanto, o Brasil é um dos países de maior potencial para o desenvolvimento desse setor e está como o quarto país de maior taxa de crescimento anual da aquicultura (DIDAQ, 2007). O Brasil reúne condições extremamente favoráveis à piscicultura, além do grande potencial de mercado, conta com clima favorável, boa disponibilidade de áreas, grandes safras de grãos e invejável potencial hídrico (KUBITZA, 2003).

O conhecimento da faixa ideal dos parâmetros físico-químicos da água é crucial para o cultivo de inúmeras espécies de peixes (COPATTI et al., 2005). Apesar das tilápias se adaptarem bem às diversas condições (EL-SHAYED, 2006) e às variações desses parâmetros ambientais, deve ser realizada uma avaliação cuidadosa da qualidade da água, já que grandes alterações podem prejudicar o desempenho zootécnico da espécie. O excesso de compostos nitrogenados, sob a forma de amônia, nitrito e nitrato, afeta diretamente os peixes. Segundo Sipaúba-Tavares (1995) a amônia causa elevação do pH do sangue, afeta as trocas osmóticas dos peixes e reduz a concentração interna de íons, aumentando o consumo de oxigênio nos tecidos, prejudicando as brânquias e reduzindo a habilidade do sangue em transportar oxigênio. Ela provoca alterações histológicas, principalmente nos rins e baço e aumenta a susceptibilidade a doenças (ARANA, 1997). Portanto, deve-se manter baixa a concentração de amônia para o cultivo de peixes e segundo Ono & Kubitzka (1999), é necessário evitar grandes alterações na qualidade da água.

Trabalhos com filtros biológicos vêm sendo desenvolvidos visando manter os parâmetros da água aceitáveis para a larvicultura, diminuindo as concentrações de amônia (OLIVEIRA et al., 2009). No Brasil, estudos têm avaliado o emprego de biofiltros na larvicultura de espécies nativas (PEDREIRA et al., 2009), já que a boa condição da água é necessária para a criação de larvas e obtenção de alevinos em quantidade e qualidade.

Em sistemas fechados de circulação de água, os biofiltros são utilizados para diminuir as concentrações de amônia por meio da sua oxidação a nitrato pelas bactérias nitrificantes (HAGOPIAN & RILEY, 1998). No entanto, para que a nitrificação ocorra de maneira eficiente é necessário levar em conta: o tipo de substrato, concentração de oxigênio dissolvido, temperatura, pH, alcalinidade, turbulência, salinidade da água (CHEN et al., 2006), área superficial específica do substrato e homogeneidade do fluxo de água no biofiltro (LEKANG & KLEPPE, 2000).

Assim, pesquisas visando aprimorar a larvicultura em sistemas com biofiltros são importantes. Para tanto, é necessário o uso de sistemas simples, baratos e eficientes que possam ser utilizados nos laboratórios científicos e por produtores.

Objetivou-se com este trabalho, comparar diferentes tipos de substratos do biofiltro na larvicultura de tilápia do Nilo, por meio de parâmetros e limnológicos e morfométricos em sistema com recirculação de água.

1. REVISÃO DE LITERATURA

A piscicultura é uma atividade que aumentou aproximadamente 30% ao ano no Brasil, no ano de 2006. Nenhum setor da agropecuária cresceu tanto quanto a piscicultura. Historicamente ela era apenas uma opção de diversificação das explorações geradoras de renda na propriedade (TINOCO, 2006).

O consumo alimentar de pescado teve aumento significativo nos últimos anos, a média mundial passou de 10 para 27,7 kg anuais por pessoa (SEBRAE, 2007). Aproximadamente 15% de toda proteína animal consumida no planeta é proveniente do pescado.

A Organização dos Estados Americanos para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2002) estima que em 2020 mais de 50% da produção de pescado deverá ser proveniente da aquicultura devido ao grande crescimento da população humana, ao crescente aumento da demanda por produtos da aquicultura e ao declínio ou estagnação do pescado proveniente da pesca.

A aquicultura de água doce em países tropicais tem a tilápia como o peixe de melhor adaptação, sendo este peixe criado em pelo menos 100 países. Os filés da tilápia possuem baixos teores de gordura (cerca de 0,9 g/100 g de carne), 172 kcal/100 g de carne e ausência de espinhos em forma de “Y” (PROENÇA & BITTENCOURT, 1994).

Originária da África e do Oriente Médio, a tilápia foi introduzida em vários países do mundo para criação comercial. Fatores como adaptabilidade para aquicultura de água doce em países tropicais, rusticidade, crescimento rápido e parâmetros de qualidade da carne favoreceram muito a sua expansão (BORGES et al., 2005).

A produção de tilápias no Brasil é considerada uma das mais promissoras atividades da economia nacional, com possibilidade de exportação (ASN, 2008).

Com o crescimento da aquicultura, têm surgido pesquisas para o desenvolvimento dos processos de criação da tilápia, melhora da qualidade e do uso dos recursos ambientais. Como a aquicultura é uma prática que usa o ambiente natural e muitos recursos externos, certamente irá trazer uma série de impactos ambientais (EMBRAPA, 2003).

Diferentes tipos de impactos ambientais negativos causados pela aquicultura já foram registrados no País. Pode-se citar a liberação de animais exóticos nos ecossistemas brasileiros, o desmatamento de manguezais para construção de viveiros e o descarte de efluentes dos cultivos diretamente no ambiente (WAINBERG & CÂMARA, 1998).

O grande desafio para a humanidade está em produzir, porém com princípios sustentáveis. Devem-se usar o máximo de recursos renováveis e diminuir os recursos não

renováveis e compreender o funcionamento de cada sistema. A sustentabilidade ambiental só será alcançada se a relação entre as decisões entre a produção, o consumidor e a biosfera for entendida (GIANNETTI et al, 2006). Todos os processos que envolvem recursos renováveis devem ser identificados, devido a sua alta sustentabilidade em relação àqueles que usam somente energias não renováveis (LEFROY et al., 2003).

A utilização dos recursos hídricos pelas fazendas aquícolas, por exemplo, fica comprometida em função da degradação ambiental gerada pelo descarte inadequado dos efluentes, uma vez que esta prática pode resultar na poluição dos mesmos (GURJÃO, 2003). Devido ao efeito cumulativo, com várias fazendas próximas uma das outras, o problema pode se agravar mais ainda. Merece destaque a substituição dos cultivos semi-intensivos por sistemas intensivos, onde o número de indivíduos cultivados por metro quadrado é bem maior e, conseqüentemente, aumenta consideravelmente a quantidade de nutrientes e outros produtos lançados nos ecossistemas naturais.

A expansão da aquicultura, utilizando as tecnologias adotadas atualmente, não é justificável nem sustentável e, para que a meta de produção através da aquicultura seja alcançada, a única alternativa é desenvolver novas tecnologias que utilizem menos espaço e produzam o mínimo de impactos ambientais (JONES, 2002).

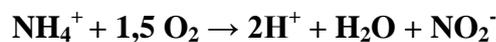
2.1. BIOFILTROS

Para manter a boa qualidade da água, possibilitando um maior controle do cultivo e diminuições dos resíduos nos efluentes despejados no meio ambiente, tem-se desenvolvido sistemas de biofiltração (KUBITZA, 1998). O bom funcionamento do biofiltro e boa nitrificação são o resultado do ajuste entre o substrato, bactérias e água, que devem ser testados e aclimatados nas mesmas condições do cultivo (ARBIV & RIJN, 1995). Porém, outros requisitos são desejáveis, segundo Horowitz & Horowitz (2000), para uma eficiente nitrificação é aconselhável empregar um substrato que não seja tóxico, mas que tenha alta superfície de adesão para bactérias previamente selecionadas e deve-se evitar a presença de bactérias heterotróficas. Diversos tipos de substratos podem ser utilizados nos biofiltros. Os mais comuns são areia grossa, cascalho, brita, esferas ou cilindros de plástico (QUILLERÉ et al., 1993). O desempenho do biofiltro pode ser fortemente influenciado pelo tipo de substrato, devendo-se utilizar biofiltros mais eficientes, (WHEATON et al., 1991). Lanna et al., (2004) utilizaram o biofiltro para avaliar o emprego de dietas práticas para alevinos de tilápia do Nilo

2.2. NITRIFICAÇÃO

A nitrificação acontece na presença de bactérias que oxidam o nitrogênio amoniacal a nitrito e em seguida a nitrato. Os principais gêneros bacterianos responsáveis por esse processo são as nitrosomonas e nitrobacter. Elas crescem utilizando energia da oxidação de nitrogênio inorgânico. Utilizam dióxido de carbono e não carbono orgânico como a maioria das bactérias (SANTIAGO, 2009). A nitrificação ocorre em duas etapas. Na primeira etapa, as bactérias Nitrossomonas oxidam o amônio (NH_4^+) a nitrito (NO_2^-) e, na segunda etapa, o nitrito é oxidado a nitrato (NO_3^-) pelas bactérias nitrobacter.

A equação para a oxidação do nitrogênio amoniacal a nitrito pelas bactérias nitrosomonas é representada por:



Estima-se que a liberação de energia livre desta reação seja de 58 a 84 kcal/mol do íon amônio.

A reação de oxidação do nitrito a nitrato pelas bactérias nitrobacter é representada por:



As bactérias nitrificantes são também sensíveis a algumas formas de nitrogênio. Nitrogênio amoniacal na forma não-ionizada ou amônia livre (NH_3) e ácido nitroso não-ionizado (HNO_2) são conhecidos como inibidores em certas concentrações. Amônia livre começa a inibir a nitrosomonas em concentrações de 10 a 150 mg/L e a nitrobacter na faixa de concentração de 0,1 a 1,0 mg/L. O ácido nitroso inibe as nitrosomonas e nitrobacter em concentrações de 0,22 a 2,8 mg/L.

1.3. PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS

O adequado emprego do biofiltro no cultivo intensivo mantém a estabilidade dos parâmetros limnológicos, fator fundamental para uma adequada larvicultura (PEDREIRA, 2003). Dentre os principais parâmetros limnológicos, têm-se os seguintes: temperatura, oxigênio, pH, condutividade, turbidez, nitrato, nitrito e amônia.

2.3.1. Temperatura

A exigência em temperatura depende da espécie a ser cultivada e da fase de desenvolvimento em que se encontra (ovo, larva, pós-larva ou juvenil). As espécies de peixes

tropicais normalmente apresentam ótimo crescimento em temperaturas de 26 a 30° C. A temperatura é o parâmetro físico mais facilmente observado devido à facilidade com que pode ser registrado (ARANA, 2004).

O consumo de alimento, o crescimento e a tolerância ao manuseio e às doenças são afetados pelo aumento ou diminuição da temperatura. A tolerância das espécies que são cultivadas e a amplitude de variação da temperatura da água no local devem ser conhecidas, evitando problemas de crescimento e sobrevivência em função da exposição dos peixes a extremos de temperatura (KUBITZA, 2003).

2.3.2. Oxigênio

A concentração de oxigênio dissolvido é fundamental para assegurar o adequado desenvolvimento e a sobrevivência dos peixes. A solubilidade do oxigênio na água varia de acordo com a temperatura, salinidade e pressão atmosférica do local. Durante os cultivos de peixes, as concentrações de oxigênio dissolvido devem ser mantidas, preferencialmente, acima de 4mg/L (KUBITZA, 2003).

As tilápias mais comumente cultivadas sobrevivem a concentrações de OD (oxigênio dissolvido) abaixo de 0,5 mg/L, níveis bastante baixos para outras espécies de peixes (KUBITZA, 1995). O gênero *Oreochromis* é bastante resistente a níveis da ordem de 0,1 mg/L, o nível mínimo de OD suportado por alevinos de tilápia do Nilo entre 10 e 25 g, em viveiros, varia de 0,4 a 0,7 mg/L por 3 a 5 horas (PHILIPPART & RUWER, 1982).

2.3.3. PH e condutividade

O pH, ou potencial de hidrogênio iônico, é definido como sendo o logaritmo negativo da concentração, em mol/L, de hidrogênio livre (OH^- ou H^+) e varia de 0 a 14.

Águas com pH ente 6,5 a 8,0 são considerados ideais para o cultivo de peixes (KUBITZA, 2000; SILVA et al., 2002).

O pH influencia em outros parâmetros da água. Em pH alcalino aumenta a amônia não ionizável que é a forma mais tóxica. Já em pH ácido pode aumentar a quantidade de ácido sulfídrico.

A condutividade elétrica indica o grau de decomposição da matéria orgânica de um ecossistema aquático e é diretamente proporcional à concentração de cálcio, magnésio,

carbonatos, potássio, sódio, sulfatos e cloretos e quanto maior as quantidades de compostos orgânicos precipitados, maior será a condutividade elétrica (MOREIRA, 2000).

A condutividade ajuda a detectar fontes poluidoras no sistema e é uma maneira de avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos (SILVA et al., 2010).

A condutividade é expressa em Siemens (S), ou no caso dos corpos d'água em micro Siemens (µS).

Segundo Fritzsons et al. (2009) o aumento de condutividade, pH e alcalinidade em águas contendo rochas calcárias, forma um efeito tampão, estabilizando o sistema de cultivo. O calcário forma um efeito tampão eficiente, mantendo o pH constante e alcalino, dentro da faixa adequada ao desenvolvimento de larvas e alevinos (NEW, 2002). A eficiência do tamponamento do sistema pôde ser confirmada pelos valores de pH próximos a 8,0.

2.3.4. Turbidez

A turbidez da água é a medida de sua capacidade em dispersar a radiação, sendo os principais responsáveis, as partículas suspensas tais como, bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos e inorgânicos e, em menor proporção, os compostos dissolvidos (ESTEVES, 1988).

A turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água, conferindo uma aparência turva à mesma. Os valores são expressos, normalmente, em Unidades Nefelométricas de Turbidez - UNT, ou em mg/L de SiO₂ (miligramas por litro em Sílica).

2.3.5 Nitrato e nitrito

O nitrato é o resultado da filtração biológica, processo pelo qual se possibilita a conversão da amônia, primeiramente, em nitrito e, em seguida, em nitrato (TIMMONS, 2002). Esse processo também é chamado nitrificação. O nitrato é a forma nitrogenada mais tolerável pelos peixes, podendo ocorrer concentrações de até 5,0 mg/L (SIPAÚBA – TAVARES, 1995).

O nitrito, apesar de ser pouco tóxico para várias espécies de peixes de água doce de interesse para aquicultura, com concentrações letais excedendo os 100 mg/L (TOMASSO, 1994), deve ser evitado principalmente por ser fonte para formação de nitrito e amônia, no caso de baixas concentrações de oxigênio (SHÄFER, 1985).

O nitrito é o componente intermediário do processo de nitrificação e forma-se a partir da oxidação da amônia. É um composto tóxico em baixas concentrações (ARANA,2004). Apresenta-se em duas formas específicas, na forma de ácido nítrico (HNO_3) e nitrito ionizável (NO_2).

A toxicidade depende do pH, sendo que em meio ácido está na forma HNO_2 (mais tóxico) e em meio básico na forma NO_2^- que é menos tóxica.

Em piscicultura, níveis de nitrito inferiores a 0,5 mg são ideais, já níveis entre 0,5 e 5,0 mg diminui a taxa de crescimento e aumenta o estresse. Níveis superiores a 5,0 mg causam a morte dos peixes. Em sistemas com recirculação de água a manutenção da qualidade da água e o controle do teor de nitrito são realizados com a ação de biofiltros (NOGUEIRA FILHO, 2003).

2.3.6 Amônia

A amônia é um produto da excreção nitrogenada dos peixes e da decomposição microbiana da matéria orgânica. A amônia ocorre de duas formas: NH_3 (não ionizada e tóxica aos peixes) e NH_4^+ (forma ionizada e pouco tóxica aos peixes). A proporção entre NH_3 e NH_4^+ é em função do pH e da temperatura (KUBITZA & ONO, 2003).

De acordo com Popma & Phelps (1998), a tilápia é mais tolerante a altas concentrações de amônio do que a maioria dos peixes comumente cultivados. A toxicidade da amônia está fortemente correlacionada com o pH e com a temperatura. Quando maior for o pH, maior será a percentagem de amônia não ionizada (NH_3), que é altamente tóxica. Temperaturas mais elevadas e baixas concentrações de oxigênio dissolvido aumentam a toxicidade da amônia (BOYD, 1982).

Níveis de amônia tóxica próximos a 0,2 mg/L de NH_3 podem ser prejudiciais ao crescimento dos peixes e entre 0,7 a 2,4 podem ser letais mesmo sob exposição por curtos períodos (KUBITZA & ONO, 2003).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina, MG, no período de 20 de julho a 04 de agosto de 2011, totalizando 15 dias de larvicultura.

Foram utilizadas 1200 larvas de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) de uma mesma desova, com dez dias após a eclosão, com comprimento inicial de $11,58 \text{ mm} \pm 0,82$ e peso médio de $189 \text{ mg} \pm 44$ por aquário com 6 L de água (60 larvas/aquário), em uma densidade de 10 larvas/L. Os aquários apresentavam aeração constante, temperatura de $28 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1,2$, (Anexos, figura 1) e luminosidade de $403,33 \text{ lux} \pm 29,66$ obtida pelo fotoperíodo natural, (Anexos, figura 2).

As larvas foram submetidas a cinco tratamentos, quatro tipos de biofiltros internos compostos por: concha/ brita, cascalho, porcelana, brita e um controle, sem biofiltro, (Anexos, figura 3), distribuídas de acordo com um delineamento inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, (Anexos, figura 4)

O substrato do biofiltro concha/brita foi composto por 30% de concha de diâmetro médio de 21,51 mm e 70% de brita de diâmetro médio de 15,77 mm, o cascalho com diâmetro médio de 17 mm, a porcelana (canister) em forma de cilindro com diâmetro externo de 7,50 mm, diâmetro interno de 2,70 mm, altura de 13,88 mm e a brita com diâmetro médio de 18 mm. Como controle foram utilizados aquários com aeração artificial, sem biofiltro.

Os substratos foram colocados em um frasco plástico de 13,4 cm de altura, 6,3 cm de diâmetro e com 0,4 L de volume. Verticalmente, no meio do substrato foi colocado um tubo de PVC de 20 mm de diâmetro e 14 cm de altura, por onde era inserida a aeração proporcionando um fluxo de água de 60 ml/min, formando o *air-lift*, que recirculou toda a água do aquário 21,8 vezes ao dia. Uma tela de sombrite com 1 mm de diâmetro foi colocada na parte superior do biofiltro no entorno da torre de *air-lift* com a finalidade de evitar a entrada, o aprisionamento e morte das larvas. O conjunto foi posicionado na parte central dos aquários, (Anexos, figura 5).

Os substratos já estavam maturados previamente à sua introdução no recipiente. Trinta dias antes do experimento, os substratos foram mantidos em uma única caixa de polietileno de 500 L com água, sob forte aeração. Foram adicionadas, duas vezes por semana, 80 g de ração com 55% de proteína bruta para a maturação e fixação das bactérias nitrificantes.

As larvas foram alimentadas duas vezes ao dia (às 9 e 17h), com ração comercial Guabi farelada, com as seguintes garantias de composição: proteína bruta mínima, 55%,

umidade máxima, 10%, extrato etéreo mínimo, 4%, matéria fibrosa máxima, 6%, matéria mineral máxima, 18%, cálcio máximo, 5,0% e fósforo mínimo, 1,5%. A quantidade de ração fornecida foi calculada de acordo com o peso, considerando 10% do peso vivo, sendo reavaliada a cada cinco dias.

As variáveis limnológicas avaliadas a cada cinco dias às 9h foram: oxigênio dissolvido, utilizando oxímetro YSP 55 (precisão $\pm 0,01$ mg/L), condutividade por meio do aparelho Conductivity CD – 55 (± 1 μ S/cm), pH utilizando pHmêtro Quimis pH 30 ($\pm 0,1$), concentração de amônia, nitrito e nitrato determinada pelo método de Koroleff (1976), realizado posteriormente em laboratório. Diariamente foi mensurada a temperatura ($^{\circ}$ C) e realizado o sifonamento dos tanques para remoção de dejetos, quando se realizava a troca de 10% do volume de água do aquário.

Os valores de sobrevivência, peso médio, biomassa, comprimento total e padrão foram mensurados ao fim do experimento. A biomassa e peso médio foram obtidos em balança analítica com precisão 0,1 mg. Os comprimentos dos alevinos de cada repetição foram obtidos medindo-se os indivíduos com paquímetro com precisão 0,02 mm. Os valores de sobrevivência foram transformados em arcoseno para análise estatística, sendo apresentado os valores observados.

A análise do efeito dos tratamentos sobre as larvas de tilápia foi realizada comparando-se, peso, comprimento total, comprimento padrão, sobrevivência, biomassa e as variáveis limnológicas por análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%. Para a sobrevivência ainda foi feita uma regressão linear.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis limnológicas apresentaram resultados adequados para o cultivo de peixes (SIPAUBA-TAVARES, 1995; ARANA, 1997; BOYD & QUEIROZ, 2004) estando dentro dos valores encontrados para o cultivo de larvas de *O. niloticus*, (PROENÇA & BITTENCOURT, 1994; RIBEIRO, 1997; KUBITZA, 2000; ARANA, 2004).

Os biofiltros compostos por concha/brita e porcelana obtiveram os melhores parâmetros limnológicos sendo estes substratos os mais eficientes no processo de biofiltração, (Tabela 1).

Tabela 1- Média de variáveis limnológicas observadas nos aquários de tilápias do Nilo, para os diferentes tratamentos durante 15 dias

Substrato	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Turbidez (UNT)	pH (mg/L)	O₂ (mg/L)
Concha/brita	222,5 ^a	4,49 ^b	7,09 ^a	6,36 ^a
Porcelana	86,77 ^c	3,51 ^b	6,75 ^b	6,01 ^a
Cascalho	128,83 ^{bc}	2,75 ^b	6,74 ^b	6,44 ^a
Brita	182,82 ^{ab}	3,53 ^b	7,06 ^a	6,45 ^a
Sem substrato	73,3 ^c	7,32 ^a	7,0 ^a	6,05 ^a
CV (%)	18,38	25,53	0,89	7,85

Médias na mesma coluna seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

A condutividade no biofiltro com concha/brita foi semelhante a brita e superior aos demais tratamentos. A condutividade no biofiltro brita foi superior a porcelana e sem substrato, porém não diferiu do cascalho. Já os biofiltros, cascalho, porcelana e sem substrato, não diferiram entre si.

O substrato concha/brita propiciou uma alta condutividade em decorrência da sua composição calcária. O aumento da condutividade relacionado à biofiltros compostos por concha tem sido relatado em outros trabalhos (PEDREIRA, 2003; PEDREIRA & RIBEIRO, 2008). Pedreira et al. (2009) encontraram resultados semelhantes para a condutividade ao comparar o efeito de substratos similares ao deste experimento, na eficiência dos biofiltros.

A brita apresentou uma maior condutividade em relação à porcelana, e tratamento sem substrato, provavelmente devido a sua composição, pois segundo Shäfer (1985), boa parte da característica da água é dada pelo sedimento que ela percola.

A turbidez da água diferiu do tratamento sem substrato em relação aos demais que não diferiram entre si, verificando-se que os biofiltros funcionam como filtro mecânico, retendo partículas. Assim, a presença dos biofiltros reduz significativamente os teores de turbidez. Esses resultados estão de acordo com os observados por Jones et al. (2002), que constataram uma redução de 75% na turbidez de efluentes de carcinicultura, após 24h de filtração por conchas de ostras. Lefebvre et al. (2000), obtiveram uma redução de 56% na turbidez de um efluente de cultivo do peixe *Dicentrarchus labrax*, após a filtração por conchas. Segundo Cavalcante-Júnior (2005), os valores de turbidez, oriundos de um cultivo de tilápias vermelhas em laboratório, foram reduzidos em 85,5% após passar por um processo de filtração da água.

O pH foi superior para os biofiltros concha/brita, brita, e sem substrato em relação a porcelana e cascalho, que são similares entre si.

O pH elevado no biofiltro concha/brita está relacionado a presença de concha calcária. Rojas (2004), observaram um aumento de pH e condutividade atrelados a maior concentração de carbonato de cálcio, como também relatado por Rombaut (2001) e Kitimasak et al. (1998). Rochas calcárias têm sido relacionadas ao aumento de condutividade, pH e alcalinidade da água (FRITZSONS et al., 2009), formando o efeito tampão, estabilizando o sistema de cultivo. Segundo New (2002), o calcário forma um efeito tampão eficiente, mantendo o pH constante e alcalino, dentro da faixa adequada ao desenvolvimento dos alevinos. A eficiência do tamponamento do sistema pôde ser confirmada pelos valores de pH próximos a 7,09 no biofiltro concha/brita.

A concentração de oxigênio não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos. Esteve adequada para a espécie e para a recirculação de água dentro dos aquários (BOYD,1990; POPMA & LOVSHIN, 1996; KUBITZA, 2000).

O biofiltro concha/brita foi similar a porcelana em concentração de nitrato e superior aos demais tratamentos, apresentando uma eficiente nitrificação. O biofiltro porcelana nitrificou mais eficientemente do que o biofiltro brita e sem substrato que foram similares entre si e ao cascalho, (Tabela 2).

O uso do substrato de concha/brita e porcelana mostrou uma boa nitrificação apresentando elevadas concentrações de nitrato e baixas concentrações de amônia e nitrito. O mesmo foi encontrado por Pedreira et al. (2009) com biofiltros externo e interno aos tanques para substrato de concha e brita, comparados com substratos de dois tamanhos de cascalho e tratamento sem substrato, em condições similares a desse trabalho.

Tabela 2- Média de variáveis limnológicas observadas nos aquários de tilápias do Nilo, para os diferentes tratamentos durante 15 dias

Tratamento	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Amônia (mg/L)
Concha/brita	0,75 ^a	0,03 ^b	0,08 ^c
Porcelana	0,61 ^{ab}	0,02 ^b	0,05 ^c
Cascalho	0,26 ^{bc}	0,05 ^a	0,14 ^{bc}
Brita	0,23 ^c	0,05 ^a	0,30 ^{ab}
Sem substrato	0,19 ^c	0,02 ^b	0,44 ^a
CV (%)	40,45	65,78	40,21

Médias na mesma coluna seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

O uso do substrato de concha/brita e porcelana mostrou uma boa nitrificação apresentando elevadas concentrações de nitrato e baixas concentrações de amônia e nitrito. O mesmo foi encontrado por Pedreira et al. (2009) com biofiltros externo e interno aos tanques para substrato de concha e brita, comparados com substratos de dois tamanhos de cascalho e tratamento sem substrato, em condições similares a desse trabalho.

Essas concentrações de nitrato se encontram indicadas para a espécie, visto que resultados semelhantes também foram observados por Silva et al. (2002), Mainardes-Pinto & Mercante (2003) e Rhida & Cruz (2001) no cultivo de tilápias do Nilo. Midlen & Redding (1998) afirmaram que, em níveis superiores a 100 mg/L, o nitrato torna-se tóxico para os peixes.

Apesar da baixa concentração de nitrato verificada nos aquários sem substrato, ela foi similar às encontradas para os tratamentos com substratos (brita e cascalho), o que indica que parte do íon amônio foi convertida em nitrato, ou seja, houve a nitrificação na coluna de água. Esse fato é corroborado por outros trabalhos (OZÓRIO et al., 2004; PEDREIRA et al., 2009).

Paro o nitrito, os biofiltros cascalho e brita não diferiram entre si e foram superiores aos demais tratamentos. Os biofiltros porcelana, concha/brita e sem tratamento não diferiram entre si.

A menor concentração de nitrito nos biofiltros porcelana e concha/brita evidenciam o bom funcionamento e adequada aclimação do biofiltro que depende das condições iniciais do experimento (SHEINTUCH et al., 1995) demonstrando o papel fundamental das bactérias na manutenção da água na aquicultura intensiva (HOROWITZ & HOROWITZ, 2000).

O Nitrito encontra-se dentro dos valores observados por Alvarez (1999), cultivando larvas de piracanjuba e dentro da faixa encontrada por Sipaúba-Tavares & Braga (1999) no

cultivo tradicional de larvas de pacu, em tanques de terra e por Pádua et al. (1998) e Salvador et al. (2003), no cultivo de tilapia do Nilo.

A concentração de amônia no tratamento sem substrato foi similar a observada em brita e aos demais tratamentos. O biofiltro brita não diferiu do biofiltro cascalho, porém apresentou concentrações superiores a encontradas em porcelana e concha/brita que não diferiram entre si.

Esses valores de amônia estão dentro dos valores indicados para a sobrevivência de tilápias do Nilo (KUBITZA, 2003, LACHI, 2006).

Maiores concentrações de amônia foram encontradas em tanques somente com aeração quando comparados com tanques com biofiltros com concha/brita (PEDREIRA et al., 2009; PEDREIRA, 2003). Já a similaridade entre concha e porcelana tem sido observada por Silva et al. (2010) e por Dos Santos et al. (2010).

O processo de nitrificação mais eficiente na concha com brita e porcelana pode ser decorrentes da alta superfície específica do substrato, que apresenta uma correlação positiva com número colônia de bactérias nitrificantes (LAWSON, 1995), e no caso específico de concha/brita, pela presença de carbonato de cálcio (PEDREIRA 2003; PEDREIRA et al., 2009; DOS SANTOS et al., 2010), fatos que explicam a maior eficiência de nitrificação destes tratamentos em relação ao tratamento sem substrato.

Assim como neste experimento, a boa eficiência dos substratos na nitrificação é observada pela redução da concentração de amônia na água, fato este corroborado por Tseng (1997), Lobão (1998) e Davidson (2008), utilizando diversos tipos de substratos.

Para os parâmetros morfométricos, os substratos porcelana, concha/brita e cascalho diferenciaram dos demais tratamentos, apresentando os melhores resultados no cultivo de tilápias.

A sobrevivência de larvas de *O. niloticus* não diferiu entre os tratamentos (Tabela 3). O mesmo resultado foi encontrado por Pedreira et al. (2009) para larvas de pacamã submetidas a biofiltros com substratos semelhantes ao deste experimento. Rhida & Cruz (2001) também não encontraram diferença na sobrevivência de *O. niloticus* ao testar tipos de substratos de biofiltros, indicando que os mesmos não interferiram na sobrevivência das larvas. Isso indica que os mesmos não interferem na sobrevivência das larvas, porém observou-se uma tendência de valores decrescente de sobrevivência ($y = 83,50 - 5,42x$, $r^2 = 0,9138$), do substrato concha/brita para porcelana, cascalho, brita e sem substrato. Essa tendência é observada em outros trabalhos onde se verificaram diferentes sobrevivência para

diferentes substratos (PEDREIRA, et al., 2009), ao compararem biofiltro externo ao aquário com biofiltro interno.

Tabela 3 - Sobrevivência (S), biomassa (B), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP) e peso médios de tilápias do Nilo, para os diferentes substratos de biofiltro durante 15 dias

Substrato	S (%)	B (mg)	CT (mm)	CP (mm)	Peso (mg)
Concha/brita	75,83 ^a	28,49 ^b	14,86 ^b	11,84 ^b	520 ^b
Porcelana	73,75 ^a	38,83 ^a	17,72 ^a	14,14 ^a	879 ^a
Cascalho	71,25 ^a	31,54 ^{ab}	16,84 ^a	13,26 ^a	739 ^a
Brita	59,58 ^a	19,16 ^c	15,39 ^b	12,07 ^b	554 ^b
Sem substrato	55,83 ^a	16,75 ^c	15,41 ^b	12,10 ^b	490 ^b
CV (%)	18,9	10,36	2,52	3,06	10,51

Médias na mesma coluna seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

A biomassa no biofiltro porcelana foi similar à observada no biofiltro cascalho e diferente dos demais tratamentos. O biofiltro concha/brita foi superior em biomassa em relação ao biofiltro brita e sem substrato que foram semelhantes entre si.

Sistemas que proporcionam maior sobrevivência, ou maior densidade de estocagem, geralmente resultam em maiores biomassas, como observado para larvas de tilápias do Nilo (SANCHES & HAYASHI, 1999), quinguio, *Carassius auratus* (SOARES et al., 2001), pacamã, *Lophiosilurus alexandri* (LUZ & DOS SANTOS, 2008) e tainha, *Mugil platanus* (SAMPAIO et al., 2001). Apesar de nesse experimento não existir diferenças na sobrevivência, a tendência apresentada por esta, teve relação direta com os resultados de biomassa.

O comprimento total e padrão das larvas submetidas aos biofiltros porcelana e cascalho foram superiores em relação aos demais tratamentos. Os biofiltros brita, concha/brita e sem substrato não diferiram entre si.

Em estudos realizados com juvenis de *O. niloticus*, o crescimento não foi afetado por diferentes substratos de composição semelhantes (RHIDA & CRUZ, 2001; AL-HAFEDH et al., 2003). Isso explicaria a similaridade entre os comprimentos das larvas submetidas a biofiltros com substratos concha/brita e brita. No entanto, mesmo havendo significativas diferenças entre os substratos e na qualidade de água, os comprimentos das larvas podem ser

semelhantes (PEDREIRA, 2003; PEDREIRA et al., 2009), porém diferenças podem ser encontradas.

O peso das larvas foi superior nos biofiltros porcelana e cascalho em relação aos demais tratamentos. Os biofiltros brita, concha/brita e sem substrato não diferiram entre si.

O peso corporal geralmente é menor quanto maior for a densidade de estocagem, portanto, nos tratamentos em que a sobrevivência é maior, há tendência de se registrarem pesos corporais menores, como o observado para o biofiltro concha/brita em relação a porcelana e cascalho, fato este, corroborado por Souza (1996) e Bernardes (1998) para tilápia do Nilo, e por Pádua (1997) para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). O fato de o peso das larvas serem maiores em porcelana e cascalho, quando comparados a brita e sem substrato, deve estar relacionado à melhor manutenção de qualidade de água, verificada pela nitrificação mais eficiente desses substratos. Trabalhos têm relatados que a melhor qualidade de água pode resultar no aumento significativo do peso, como no caso de juvenis de tilápia do Nilo (SOUZA, 1996). Já os substratos de composições semelhantes, como concha/brita e brita, podem proporcionar pesos similares para tilápias do Nilo, como observado por Al-Hafed et al. (2003) assim como para larvas de pacamã (PEDREIRA et al., 2008).

3. CONCLUSÕES

Para os parâmetros limnológicos concha/brita e porcelana proporcionaram os melhores resultados, apresentando boa eficiência no processo de biofiltração da água.

Os substratos porcelana e cascalho proporcionaram os melhores peso e comprimentos. O substrato concha/brita deve ter tido menor peso e comprimentos devido a tendência de maior sobrevivência.

Com os resultados obtidos, sugere-se a utilização de biofiltro composto por porcelana ou concha/brita devido a maior eficiência nos parâmetros limnológicos sobrevivência, comprimentos e peso, na larvicultura da tilápia do Nilo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-HAFEDH, Y.S.; ALAM, A.; ALAM, M.A. Performance of plastic biofilter media with different configuration in a water recirculation system for the culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquacultural Engineering**, v.29, p.139-154, 2003.
- ALVAREZ, E. J. S. 1999. Dinâmica de algumas variáveis limnológicas em tanques de larvicultura de *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1949) (Pisces Characidae) sob dois tipos de tratamentos alimentares. Dissertação de mestrado. **Centro de Aquicultura da UNESP**, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- ARANA, L.V. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura**: uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 166p., 1997.
- ARANA, L.V. **Fundamentos de Aquicultura**. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 349p., 2004.
- ARBIV, R.; VAN RIJN. Performance of a treatment system for inorganic nitrogen removal in intensive aquaculture systems. **Aquacultural Engineering**, v.14, n.2, p.189-203, 1995.
- ASN - AGÊNCIA SEBRAE DE NOTÍCIAS – DF, 2008. Estudo mostra potencial da produção de tilápias no Brasil. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/papers/dissertations/pierobom_jl.pdf. Acessado em 18 de fevereiro, 2011.
- BERNARDES, M.V.S. 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.... Escola Agroveterinária UFG, Goiânia**, v.28, n.2, p. 83-93, 1998.
- BORGES, M.A.; MORETTI, J.O.C.; MACMANUS, C.; MARIANTE, A.S. Produção de populações monossexo macho de tilápia do Nilo da linhagem chitralada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p.153-159, 2005.
- BOYD, C.E. **Water quality management for ponds fish culture**. Amsterdam: Elsevier, Scientific Publishing 318p., 1982.
- BOYD, C. E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn: Auburn University Experimental Station, 300P., 1990.
- BOYD, C.; QUEIROZ, J.F. Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: Cyrino, J.E.P. et al (Ed). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: Tec. Art., p.25-43, 2004.
- CAVALCANTE JÚNIOR, W. Reuso de água em um sistema integrado com peixes, sedimentação, ostras e macroalgas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 118-122, 2005.

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

COPATTI C. E.; COLDEBELLA I. J.; RADUNZ NETOJ.; GARCIA L. O.; ROCHA M. C.; BALDISSEROTTO, B. Effect of dietary calcium on growth and survival of silver catfish juveniles, *Rhamdia quelen* (Heptapteridae), exposed to different water pH. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 345-350, 2005.

DAVIDSON, J.; SUMMERFEL, S.T. Solids removal from a cold water recirculating system – comparison of a swirl separator and radial –flow settler. **Aquacultural Engineering**, v.33, p.47-61, 2008.

DIDTAQ – Diretoria de Desenvolvimento da Aquicultura. **Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca (SEAP)**. Presidência da República Federativa no Brasil. Disponível em: <http://200.198.202.145/seap/didtaq/html2/index.html>. Acessado em: 15 de mar. de 2011.

DOS SANTOS, L. B.G; SILVA-NETO, S.R; SOUZA, A.B; CARDOSO JUNIOR, L.O; LAVANDER, H.D; GALVEZ, ALFREDO OLIVEIRA. Avaliação das concentrações de nitrito e nitrato utilizando biofiltros para o tratamento de efluentes da aquicultura. **Jornada de ensino, pesquisa, e extensão- JEPEX 2010, 10**. UFRPE: Recife, 18 a 22 de outubro, 2010.

EL-SHAYED, A. F. M. Environmental requirements. In: **Tilapia Culture**. Alexandria: Editora Alexandria, cap.3, p.34-46, 2006.

EMBRAPA. **Boas Práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-rede**. Documento 47, 27p., 2003.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 575p., 1988.

FAO. Fisheries and Aquaculture Department. **State of World Fisheries and Aquaculture SOFIA 2008**, Roma. 176p. Disponível em: <http://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250e/i0250e.pdf>. Acessado em: 15 de abril de 2011.

FAO. Informe de la Reunión *AD HOC* de la Comisión de Pesca Continental para a América Latina sobre la expansión de los diferentes tipos de acuicultura rural en pequeña escala como parte del desarrollo rural sostenido. Panamá, República de Panamá, 2002. **FAO Informe de Pesca**, v. 694, p.45., 2002.

FRITZONS, E.; MANTOBANI, L.E.; NETO, E.C. A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense. **Engenharia Sanitaria e ambiental**, v.14, n.3, p.381-390, 2009.

GIANNETTI, B. F.; BARRELLA, F. A.; ALMEIDA, C. M. V. B. - A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and energy accounting. **Journal of cleaner production**, v.14, p.201-210, 2006.

GONÇALVES, R.F.; CHERICHARO, C.A.L.; ANDRADE NETO, C.O.; ALEMSOBRINHO, P.; KATO, M.T.; COSTA, R.H.R.; AIISE, M.M.; ZAIAT, M. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por reatores com biofilme. In:

CHERNICHARO, C.A.L.(Coord.). **Pós-tratamento de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: 544p., 2001.

GURJÃO, L. M. Potencial impactante dos efluentes de carcinicultura nos estuários cearenses, 78p. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – **Universidade de Fortaleza (UNIFOR)**, Fortaleza, 2003.

HAGOPIAN, D.S.; RILEY, J.G. A closer look at the bacteriology of nitrification. **Aquacultural Engineering**, v.18, p.223-244, 1998.

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, p. 215-227, 2000.

JONES, A.B., PRESTON, N.P.; DENNISON, W.C. The efficiency and condition of oysters and macroalgae used as biological filters of shrimp pond effluent. **Aquaculture Research**, v.33, p. 1-19, 2002.

KITIMASAK, N., P. ARANYAKANANDA, P. MENASVETA. Comparisons of rotating Bio-Drum and submerged biofilter in closed, sea water recirculating systems with black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and sea bass (*Lates calcalifer*). **Marine Biotechnology Research**. University Bangkok,Thailand,v.8, 45p. 1998.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. 117-187. *In*: Grasshoff, K. (Ed), **Methods of seawater analysis**. Verlag: Chemie Weinheim, p.117-187, 1976.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí, SP: F. Kubitza. p.29-50, 1995.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. Parte II. **Revista Panorama da Aquicultura**, p.35-41, 1998.

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

KUBTIZA, F.; ONO, E. A. **Cultivo de peixes em tanques rede**. Jundiaí, SP. 3º ed., 111p., 2003.

LACHI, G. B. **Qualidade da água e identificação da comunidade fitoplanctônica de um viveiro de piscicultura utilizado para irrigação**. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus Jaboticabal. São Paulo, 2006.

LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M.; VICENTINI, C.A.; BARROS, M.M. Fibra Bruta e Óleo em Dietas Práticas para Alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.33, n.6, p.2177-2185, 2004.

LAWSON T. Fundamentals of aquacultural engineering. New York: Chapman & Hall, 1995. **Global Aquaculture Advocate**, v.4, n.3, p.43-44, 2001.

LEFEBVRE, S.; BARILLÉ, L.; CLERC, M. Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) feeding responses to a fish-farm effluent. **Aquaculture**, v. 187, n. 01-02, p. 185- 198, 2000.

LEFROY, E.; RYDBERG T. Emergency evaluation of three cropping systems in: southwestern Australia, **Ecological Modelling**. v.161, p.195-211, 2003.

LEKANG, O.I.; KLEPPE, H. Efficiency of nitrification in trickling filters using different filter media. **Aquacultural Engineering**, v.21, p.181-199, 2000.

LOBÃO, V. L.; Luzia, L. A.; Sampaio, G. R.; Hortencio, E.; Souza, A. M. Estudo comparativo entre quatro métodos de sistemas fechados de circulação em larvicultura de *Macrobrachium rosenbergii*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.5, p. 101 - 109, 1998.

LUZ, R.K.; DOS SANTOS, J.C.E. . Densidade de estocagem e salinidade da água na larvicultura do pacamã. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.7, p.903-909, 2008.

MAINARDES-PINTO, C. S. R.; MERCANTE, C. T. J. Avaliação de variáveis limnológicas e suas relações com uma floração de Euglenaceae pigmentada em viveiro povoado com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus). **Acta Scientiarum. Biological, Sciences Maringá**, v. 25, n.2, p. 323-328, 2003.

MIDLEN, A. & REDDING, T. **Environmental Management for Aquaculture**. Chapman & Hall, New York , Aquaculture series 2, p.223, 1998.

MOREIRA, H. L. **Fundamentos da moderna aqüicultura**. Canoas: ULBRA, 200 p., 2001

NEW, M. Farming freshwater prawns. A manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). **Fao Fisheries Technical Paper** , n°428, 212 p., 2002.

OLIVEIRA, J.R.; CARMO, J.L.; OLIVEIRA, K.K.C.; SOARES, M.C.F.S. Cloreto de sódio, benzocaína e óleo de cravo-da-índia na água de transporte de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.7, p.1163-1169, 2009.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. Cultivo de peixes em tanques-rede. **Revista Ampliada**. Jundiaí: F. Kubitza. 2 ed., v.13, n.26, 68 p., 1999.

OZÓRIO, R.O.A.; AVNIMELECH, Y.; CASTAGNOLLI, N. Sistemas intensivos fechados de produção de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: Tec.Art, v.5, p.7-24, 2004.

PÁDUA, D.M.C.; SILVA, P.C.; PÁDUA, J.T.; FERNANDES, C.M.; ANDRADE, M.L.; URBINATI, E.C. Efeito da densidade de lotação e da renovação da água no desenvolvimento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Anais...** Escola Agro Veterinária UFG, Goiânia, v.28, n.1, p. 29-42, 1998.

PADUA, H. B. Conhecimento e utilização das variáveis físicas, químicas e biológicas na aquicultura dulcícola brasileira. In. Simpósio brasileiro sobre cultivo de camarão, **Universidade Estadual de Maringá**, v. 5, 17p., 1997.

- PEDREIRA, M.M. Comparação entre três sistemas no cultivo de larvas de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Revista Ceres**, v.50, p.779-786, 2003.
- PEDREIRA, M.M.; RIBEIRO, S.J. Efeito e um tipo de biofiltro na larvicultura de Pacamã *Lophiosilurus alexandri* (Siluriformes). **Agropecuária Técnica**, v.29, p.1-2, 2008.
- PEDREIRA, M.M; LUZ, R.K; DOS SANTOS, J.C.E; SAMPAIO, E.V; SILVA, R.F. Biofiltração da água em e tipos de substratos na larvicultura de pacamã. *Pesquisa Agropecuária*, v.44, n.5, p.511-518, 2009.
- PHILIPPART, J. C. I.; RUWER, J-CL. Ecology and distribution of tilapias. In: R. S., V. Publin and R. H. Lowe-Mc Connel (eds). **The biology and culture of tilapias**. Manila: ICLARM, v. 1, p. 15-59, 1982.
- POPMA, T.J.; LOVSHIN, L. Worldwide Prospects for Commercial Production Of Tilapia, International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn: Auburn University, Alabama. *Research And Development*, v.41, p.1996- 23, 1996.
- POPMA. T.J.; PHELPS, R.P. Status report commercial tilapia producers on monosex fingerling production techniques. In: AQUICULTURA BRASIL, 98, 1998, Recife. **Anais...**v.1, p. 127-145, 1998.
- PROENÇA, C.E.M.; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA, v.13, 196 p., 1994.
- QUILLERÉ, I.; MARIE, D.; ROUX, L.; GOSSE, F.; MOROT-GAUDRY, J.F. An artificial productive ecosystem based on a fish/bacteria/ plant association. 1. Design and management. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.47, n.1, p.13-30, 1993.
- RHIDA, M.T.; CRUZ, E.M. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) reared in a simple recirculating system. **Aquacultural Engineering**, v.24, p.157-166, 2001.
- RIBEIRO, R. P. Curso de atualização em piscicultura de água doce: ambiente e água para a piscicultura. Maringá: Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 17p., 1997.
- ROJAS, N. E.. Larviculture of *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 (Perciformes, Cichilidae) in ponds with different levels of water alkalinity. **Boletim Instituto da Pesca**, v.30, n.2, p.99-108, 2004.
- ROMBAUT G. A nitrifying culture (ABIL) used as probiotic supplement in rotifer batch cultures and as starter for marine nitrifying biofilters. In Control of the microbial community in rotifer cultures (*Brachionus Plicatilis*). Thesis submitted of the requirements for the degree of Doctor (Ph.D.) in Applied **Biological Sciences**. p. 129-162, 2001.
- SALVADORI, R.; MULLER, E.; LEONARDT, J.H.; PRETTO-GIORDANO, L.G.; DIAS, J.A.; FREITAS, J.C.; MORENO, A.M. **Isolamento de *Streptococcus* spp de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água de tanques rede na Região Norte do Estado do Paraná, Brasil**. In: SEMANA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, **Anais...**v. 24, n. 1, p. 35-42, 2003.

SAMPAIO, L. A. FERREIRA, A. H; TESSER, M. B. Effect of stocking density on laboratory rearing of mullet fingerlings, *Mugil platanus* (Günther, 1880). **Acta Scientiarum** Maringá, v. 23, n.2, p. 471-475, 2001.

SANCHES, L. E. F.; HAYASHI, C. Densidade de estocagem no desempenho de larvas de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* L.), durante a reversão sexual. **Acta Scientiarum**, v.21, n.3, p. 610-625, 1999.

SANTIAGO, C.B.; LARON, M.A. Growth and fry production of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, on different feeding schedules. **Aquaculture Research**, v.33, p.129-136, 2009.

SEBRAE. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas da Bahia. Artigo: **Criação de Tilápias em Tanques**. 23p., 2007.

SHÄFER, A. **Fundamentos de ecologia e biologia das águas continentais**. Porto Alegre: Editora da Universidade. 532p., 1985.

SHEINTUCH, M., B. TARTAKOVSKY, N. NARKIS, E M. REBHUN. Substrate inhibition and multiple states in a continuous nitrification process. *Water Research*, v.29, n.3, p.953-963, 1995.

SILVA, P. C.; KRONKA, S. N.; SIPAÚBA TAVARES, L. H.; SOUZA, V. L. 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.

SILVA, G.G.H.; CAMARGO, A.F.M.; PONTES, C.S.; MIYASE, L.K. Características limnológicas da coluna d’água e dos efluentes de viveiros de criação de camarões-da-amazônia. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.39, n.10, p.2099-2107, 2010.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Influência da luz, manejo e tempo de residência sobre algumas variáveis limnológicas em um viveiro de piscicultura. **Biotemas**, v.8, n.1, p. 61-71, 1995.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BRAGA F. M. S. Study on feeding habits of *Piaractus mesopotamicus* (pacu) larvae in fish ponds. *Naga, The ICLARM Quarterly* v.22, n.1, p. 24-30, 1999.

SOUZA, M.L.R.. Efeito de diferentes sistemas de aeração e densidades de estocagem sobre o desempenho da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. In: *Simpósio brasileiro de aquicultura*, 9, Sete Lagoas. **Resumos...** Sete Lagoas, p. 140., 1996.

TIMMONS, M. B. **Sistemas de recirculacion para la acuicultura**. Chile: **Fundacion Chile**, 747 p., 2002.

TINOCO, S. T. J. Análise socioeconômica da piscicultura em unidades de produção agropecuária familiares da região de Tupã, SP. Tese (Doutorado) - **Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista**, Jaboticabal, 94p., 2006.

TOMASSO, J. R. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. *Reviews in Fish Science*. v.2, n.4, p. 291-314, 1994.

TSENG, K.F. Culture of *Penaeus monodon* in a recirculating system. **Aquacultural Engineering** v. 17, n.2, p.138–147, 1997.

WAINBERG, A. A.; CAMARA, M. R. Carcinicultura no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: interações ambientais e alternativas mitigadoras. In: **Seminário Brasileiro de Aqüicultura, XI**. Recife. **Anais...** Recife, p. 527-544, 1998.

WHEATON, F., HOCHHEIMEIR, J.; KAISER, G. E. **Fixed film nitrification filters for aquaculture**. in D. E. Brune and J. R. Tomasso, editors. Aquaculture and water quality. **The World Aquaculture Society**, Louisiana, USA, p.272-303, 1991.

Anexos

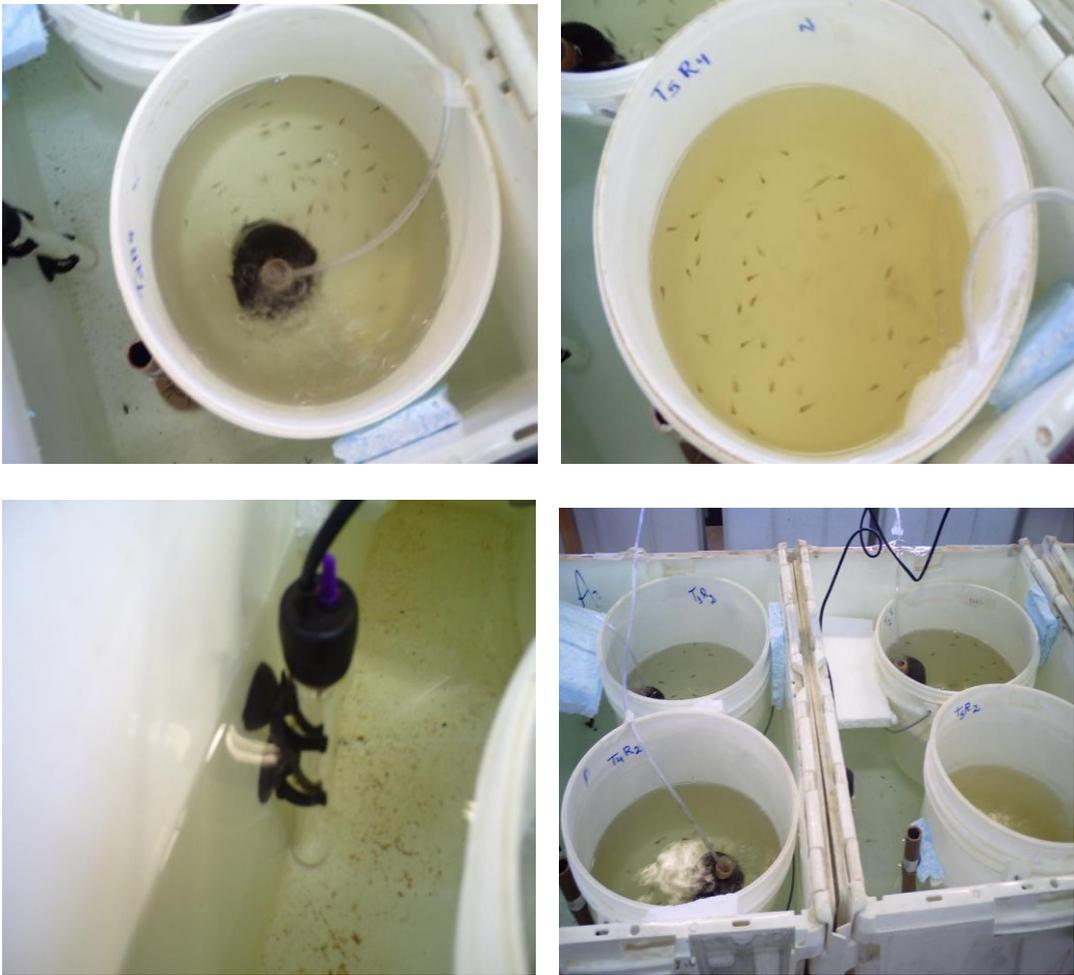


Figura 1- Montagem do Experimento



Figura 2- Luz obtida pelo fotoperíodo natural



Figura 3- Tipos de substratos do biofiltro



Figura 4- Distribuição dos aquários em delineamento inteiramente ao acaso



Figura 5- Montagem dos biofiltros

