

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA CAUNESP**

**Utilização de perifíton na produção intensiva
de juvenis de tilápias do Nilo (*Oreochromis
niloticus*) em viveiros escavados**

**Denis William Johanssem de Campos
Zootecnista**

Jaboticabal, São Paulo

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA CAUNESP**

**Utilização de perifíton na produção intensiva
de juvenis de tilápias do Nilo (*Oreochromis
niloticus*) em viveiros escavados**

Denis William Johanssem de Campos

Orientadora: Dra. Fabiana Garcia

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Jaboticabal, São Paulo

2020

C198u Campos, Denis William Johanssem de
Utilização de perifíton na produção intensiva de tilápias do Nilo
(*Oreochromis niloticus*) em viveiros escavados / Denis William Johanssem de
Campos. -- Jaboticabal, 2020
v, 81 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de
Aquicultura, 2020

Orientadora: Fabiana Garcia

Banca examinadora: Eduardo Gianini Abimorad, Maria Inez Espagnoli
Geraldo Martins

Bibliografia

1. Alimentação natural. 2. Avaliação econômica. 3. Conteúdo estomacal.
4. Desempenho. 5. Substrato de bambu. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de
Aquicultura.

CDU 639.3.043



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Utilização de perifiton na produção intensiva de juvenis de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em viveiros escavados

AUTOR: DENIS WILLIAM JOHANSEM DE CAMPOS

ORIENTADORA: FABIANA GARCIA SCALOPPI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. FABIANA GARCIA SCALOPPI *Fabiana Garcia Scaloppi*
Centro do Pescado Continental / Instituto de Pesca, APTA, SAA, Votuporanga-SP

Eduardo Gianini Abimorad
Pesquisador Dr. EDUARDO GIANINI ABIMORAD
Centro do Pescado Continental / Instituto de Pesca, APTA, SAA, São José do Rio Preto-SP

Martinez Espagnoli Geraldo Martins
Profa. Dra. MARTINEZ ESPAGNOLI GERALDO MARTINS
Departamento de Economia, Administração e Educação / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 18 de fevereiro de 2020

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	1
APOIO FINANCEIRO	2
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABELAS.....	4
RESUMO	5
REVISÃO DE LITERATURA.....	7
1.1 Panorama da aquicultura mundial e nacional	7
1.2 Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	8
1.3 A importância do perifíton em sistemas aquícolas	10
1.4 Gestão de Custo na Piscicultura.....	14
REFERÊNCIAS	17
OBJETIVOS GERAIS	26
CAPÍTULO I - Avaliação do desempenho e conteúdo estomacal de juvenis de tilápias do Nilo utilizando perifíton como alimento complementar em viveiros escavados	27
CAPÍTULO II - Avaliação econômica na produção de juvenis de tilápia do Nilo utilizando perifíton como alimento complementar em sistema intensivo	64

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar saúde e força para superar os objetivos.

A minha família, em especial minha mãe Claudia por sempre me apoiar, motivar e não medir esforços para o meu sucesso profissional.

A professora Fabiana Garcia pela amizade, oportunidade, paciência e cooperação na elaboração deste trabalho.

A Leticia K. Ferreira pelo companheirismo e conselhos.

A equipe de laboratório Daiane, Luiz e Roberta pela amizade e colaboração para a execução deste trabalho.

Ao Centro de Aquicultura da Unesp (CAUNESP) em especial a todos seus professores, funcionários e técnicos.

Ao Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais (Instituto Agrônômico - IAC/Votuporanga-SP) e a todos os seus funcionários.

A todos meus amigos, em especial Eduardo, Gustavo e Luiz Fernando pela amizade e motivação sempre.

Por fim, agradeço de coração a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração deste trabalho.

APOIO FINANCEIRO

À CAPES, Processo nº 88882.433717/2019-01 pela concessão da bolsa de mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À FAPESP, Processo nº 2016/07696-9.



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relação entre produtividade de peixes e superfície do substrato para o crescimento do perífíton.....	10
Figura 2. Crescimento do perífíton, da fixação ao desprendimento através de uma estrutura vertical.....	11
Figura 3. Benefícios da inclusão do perífíton em sistemas aquícolas.....	13
Figura 4. Desenho esquemático dos viveiros experimentais, com e sem inclusão de substrato de bambu para crescimento de perífíton, alimentados com 100% e 50% da porção de ração diária recomendada.	31
Figura 5. Substratos de bambu utilizados para o crescimento do perífíton (A) e disposição dos módulos nas unidades experimentais (B).....	33
Figura 6. Manejo pré-povamento. Em detalhes a aplicação de calcário (A) e fertilização dos viveiros (B).....	35
Figura 7. Placa de petri milimetrada utilizada para avaliação estomacal seguindo o método volumétrico.....	39
Figura 8. Curva de crescimento para tilápia do Nilo em viveiros escavados com e sem substrato de bambu para perífíton.....	41
Figura 9. Conteúdo perífítico presente no estômago (mm ³) para juvenis de tilápia do Nilo criados em viveiros escavados com e sem substrato de bambu para o crescimento do perífíton.....	49
Figura 10. Porcentagem de ocorrência de itens alimentares encontrados no estômago de juvenis de tilápia do Nilo criados em viveiros escavados com e sem substrato de bambu.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição nutricional do perifíton em dois tipos de substratos.....	12
Tabela 2. Tratamentos utilizados para avaliar o desempenho de juvenis de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) em viveiros escavados submetidos ao manejo alimentar de substituição parcial da ração comercial por perifíton.....	32
Tabela 3. Análise bromatológica da ração comercial oferecida no estudo.....	34
Tabela 4. Análise de variância e efeitos da interação do desempenho de tilápias em viveiros escavados utilizando substratos de bambu para perifíton com e sem redução da ração.....	45
Tabela 5. Efeitos da interação do desempenho de tilápias em viveiros escavados utilizando substratos de bambu para perifíton com e sem restrição da ração.....	46
Tabela 6. Tipo de crescimento para juvenis de tilápia do Nilo criados em viveiros escavados com e sem substrato de bambu para o crescimento do perifíton.....	48
Tabela 7. Frequência de ocorrência (%) de ração e perifíton para juvenis de tilápia do Nilo criados em viveiros escavados.....	49
Tabela 8. Valores de investimento (capital fixo) em reais de agosto a setembro de 2019 produção de juvenis de tilápia em viveiros escavados.....	73
Tabela 9. Valores em reais (R\$) e percentual da participação dos itens do custo operacional efetivo, custo operacional total durante um ano de produção de juvenis de tilápia para os quatro sistemas de cultivo proposto.....	75
Tabela 10. Indicadores de rentabilidade em 0.83 ha de lâmina d'água em um ano de produção.....	77

RESUMO

O perifíton é considerado uma fonte complementar de alimento para peixes cultivados. Entretanto são escassos os estudos sobre o uso do perifíton em sistemas intensivos. O objetivo do trabalho foi avaliar a utilização de perifíton como alimento complementar para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sob redução alimentar por meio da introdução de substratos de bambu em viveiro escavado. O experimento foi conduzido com 2 fatores principais (com substrato e sem substrato) e 2 fatores secundários (fornecimento de 100% e 50 % da porção diária recomendada de ração comercial). Foram utilizados juvenis de tilápia com massa inicial de $2,18 \pm 0,08$ gramas e encerrados 55 dias após o povoamento dos peixes. Verificou-se a eficiência na utilização do perifíton por meio da avaliação do conteúdo estomacal, desempenho produtivo e indicadores econômicos. O tratamento alimentado com 50% ração e com a inclusão de substrato apresentou o mesmo ganho de peso que os tratamentos alimentados com 100 % da ração com ou sem a presença de substrato, com menor aporte de ração comercial, resultando em melhor conversão alimentar (0,69). Nos tratamentos com inclusão do substrato houve maior frequência de ocorrência de perifíton no conteúdo estomacal e utilização do perifíton como recurso alimentar. O sistema de 50% da ração com a inclusão de substrato representou redução do custo operacional total e promoveu melhor rentabilidade econômica (17,33%) em um ano de produção em comparação ao sistema convencional. Assim, o perifíton serve como recurso alimentar para juvenis de tilápia do Nilo, permitindo a redução na oferta de ração, sem prejudicar o desempenho dos peixes, além de promover maior lucratividade econômica.

Palavras-chave: Alimentação natural, avaliação econômica, conteúdo estomacal, desempenho, substrato de bambu.

ABSTRACT

Periphyton is considered a complementary source of food for fish farming. However, studies on the use of periphyton in intensive systems are scarce. The objective of this study was to evaluate the use of periphyton as a complementary food for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under dietary restriction by introducing bamboo substrates in pond. The experiment was carried out with 2 main factors (substrate and no substrate) and 2 secondary factors (supply of 100% and 50% of the recommended daily portion of aquafeed). Juveniles of Nile tilapia were used with initial mass of $2,18 \pm 0,08$ grams and the trial was finalized 55 days of farming utilization was evaluated by stomach content, growth performance and economic indicators. The treatment fed 50% of daily portion of aquafeed with the inclusion of substrate presented similar weight gain than the treatments fed 100% of the daily portion of aquafeed with or without the presence of substrate, spending less aquafeed and resulting in the best besides the best feed conversion ratio (0.69). In the treatments with substrate inclusion there was a higher periphyton frequency of occurrence and use of the periphyton as a food source. The 50% aquafeed system with the inclusion of substrate presented reduction in the total operating cost and promoted better economic profitability (17.33%) per year of production than the conventional system. Thus, the periphyton serves as a natural food source for Nile tilapia juveniles, allowing the reduction of aquafeed supply, without harming the growth performance and promoting economic profitability.

Keywords: bamboo substrate, economic evaluation, performance, natural food, Stomach content.

REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Panorama da aquicultura mundial e nacional

A aquicultura nos últimos anos foi a atividade de produção animal com maior crescimento mundial (FAO, 2018b), no qual o consumo de pescado também aumentou, de 18,5 kg/per capita/ano em 2011 para 20,3 kg/per capita/ano em 2016 (FAO, 2018b). Este fato merece destaque devido ao alimento apresentar proteína de alto valor biológico (ORDÓÑEZ, 2005), aos elevados teores de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, vitaminas e minerais (iodo, fósforo, sódio, potássio, ferro, cálcio) (MCMANUS et al., 2011).

As principais espécies de peixes cultivadas no mundo segundo a FAO (2018a) são: carpa capim (*Ctenopharyngodon idellus*), carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), carpa comum (*Cyprinus carpi*), tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), carpa cabeça grande (*Hypophthalmichthys nobilis*), catla (*Catla catla*) e salmão do atlântico (*Salmo salar*). Ressalta-se que o continente asiático foi o que mais contribuiu com a produção de peixes cultivados para o consumo humano.

O Brasil é um dos países com maior potencial para a expansão da aquícola, devido sua disponibilidade de água doce, elevadas temperaturas e interesse mercadológico (SIDONIO et al., 2012). O Brasil encontra-se em 13º lugar na lista dos países que mais contribuíram com a aquicultura mundial (FAO, 2018b), contribuindo com mais de 758 mil toneladas produzidas em 2019, um aumento de 4,9% em relação ao ano anterior conforme dados da Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXEBR, 2020).

A espécie mais produzida no país é a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), correspondendo a 57% da produção nacional, com mais de 432 mil t (PEIXEBR, 2020). Características como rusticidade, rápido crescimento, adaptação ao confinamento, hábito alimentar onívora e aceitação de rações comerciais favorecem o crescimento da tilapicultura (DAVID et al., 2006).

Visando a melhoria da eficiência produtiva e redução nos impactos ambientais negativos da atividade aquícola, o setor vem promovendo técnicas que buscam promover a sustentabilidade da atividade. Dentre elas, destacam-se: Aquaponia,

cultivo multítrofico na aquicultura (Integrated Multi-Trophic Aquaculture - IMTA) e sistema de recirculação na aquicultura (Recirculating aquaculture systems - RAS).

Entretanto, considerando a demanda por proteína animal que cresce de forma significativa, tanto no Brasil como no mundo (SIDONIO et al., 2012), ainda são necessárias medidas a fim de promover o desenvolvimento da produção aquícola por meio de um melhor planejamento, do uso adequado dos recursos naturais e geração de novas tecnologias para criação, tornando-os mais eficientes e rentáveis.

1.2 Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

As tilápias são representantes da classe Actinopterygii; ordem Perciformes; família Cichlidae, e classificadas em três gêneros quanto a importância comercial: gênero *Oreochromis* spp., *Tilapia* spp. e *Sarotherodon* spp. Aproximadamente 80% das tilápias produzidas no mundo são oriundas do gênero *Oreochromis*, da espécie *niloticus* (MORO et al., 2013).

A utilização da tilápia em piscicultura é dada desde 2000 a.c. (ZANIBONI, 2004). Porém sua disseminação no mundo, ocorreu da década de 60 até a década de 80. Neste período houve pesquisas referentes a sistema de produção e nutrição, que atrelados ao desenvolvimento de mercado e processamento, culminou na rápida expansão da tilapicultura (FAO, 2018a).

A primeira introdução de espécimes de tilápia no Brasil deu-se pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) da linhagem Bouaké (Costa do Marfim). O propósito da introdução foi incentivar a produção de alevinos para o peixamento dos reservatórios públicos da região Nordeste (CASTAGNOLLI, 1992).

Com o passar dos anos esses animais vieram a apresentar anomalias genéticas e baixo desempenho zootécnico. Para resolver o problema do baixo desempenho zootécnico ocorreu em 1996 a introdução da linhagem Chitralada, proveniente da Tailândia (ZIMMERMANN, 1999). No ano de 2002, por meio de diversos estudos de melhoramento genético, foi introduzida a linhagem Supreme (MASSAGO et al., 2010). Após três anos a linhagem GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia) foi introduzida por meio do convênio entre a UEM (Universidade

Estadual de Maringá) e a *World Fish Center* (SANTOS, 2006) para promover estudos em melhoramento genético, refletindo em melhores resultados zootécnicos.

Em relação aos aspectos biológicos, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie tropical de hábito alimentar onívora originária da Bacia do rio Nilo (FAO, 2018b). Em ambiente natural pode utilizar em sua dieta diferentes alimentos naturais, como algas planctônicas/perifíticas, frutos, partes de plantas aquáticas, crustáceos, larvas e ninfas de insetos (MARENGONI, 2006). Possui rastros branquiais desenvolvidos que favorecem a filtração de partículas em suspensão, como os fitoplâncton presentes na comunidade perifítica (HEM e AVIT, 1994; GUIRAT et al., 1995; HUCHETTE et al., 2000; AZIM et al. 2003).

É importante destacar que a tilápia do Nilo apresenta sistema digestório capaz de utilizar eficientemente os carboidratos da dieta (FISH, 1960; VIOLA e ARIELI, 1983; SHIAU, 1997), quando comparada a outras espécies de peixes comumente cultivados (DEGANI e REVACH, 1991).

Ainda assim, a tilápia do Nilo possui bom rendimento de filé no processamento (em média 33%), apresentando carne de ótima qualidade e apropriada para filetagem por não possuírem espinhos em forma de “Y” no seu filé (HILSDORF, 1995). Outros subprodutos são derivados do processamento da tilápia como farinha de resíduos desengordurado e óleo de tilápia. Segundo Pizato et al. (2012) a qualidade proteica da tilápia, apresenta alto valor nutritivo com um balanceamento de aminoácidos essenciais além disso, é rica em minerais importantes para o corpo humano (OGAWA e MAIA, 1999).

Além de todo o benefício alimentar, estudos vêm sendo realizados sobre a utilização da pele da tilápia como curativo biológico oclusivo para o tratamento de queimaduras e feridas (LIMA-JÚNIOR et al., 2017).

Diante disso, a tilápia é a principal espécie de peixe cultivada no país e a quarta no mundo, com grande importância econômica (FAO, 2018b; PEIXEBR, 2020). Porém ainda são necessários incentivos e estímulos à produção com políticas públicas de efetiva importância para o setor e principalmente estudos referentes a criação de pacotes tecnológicos eficazes tornando a produção de tilápia mais rentável e sustentável.

1.3 A importância do perifíton em sistemas aquícolas

O perifíton é um termo utilizado para descrever grupos de microorganismos como bactérias, algas filamentosas, protozoários, rotíferos e cladóceros aderidos a substratos, sejam eles orgânicos ou inorgânicos (WETZEL, 1983; ABWAO et al., 2014).

A prática de inserção de substratos para a colonização pelo perifíton surgiu de métodos tradicionais de pesca, tais como acadjas na Costa do Marfim (WELCOME, 1972) e Nigéria (GOMNA, 2015); Kathas de Bangladesh (AHMED e HAMBREY, 1999; WAHAB e KIBRIA, 1994) e Samaraks no Camboja (SHANKAR et al., 1998). As técnicas empregam o uso substratos inseridos em lagos, lagoas ou rios, servindo de abrigo e disponibilizando alimento, atraindo organismos aquáticos para estes locais.

O perifíton coloniza quaisquer estruturas rígidas presentes na coluna d'água, denominadas de substratos. Essas estruturas são adicionadas como forma de aumentar a área superficial de contato e potencializar a disponibilidade de perifíton dentro do sistema de produção. Azim et al. (2004) verificaram que a produtividade aumenta proporcionalmente à medida que mais substrato é adicionado no sistema (Figura 1).

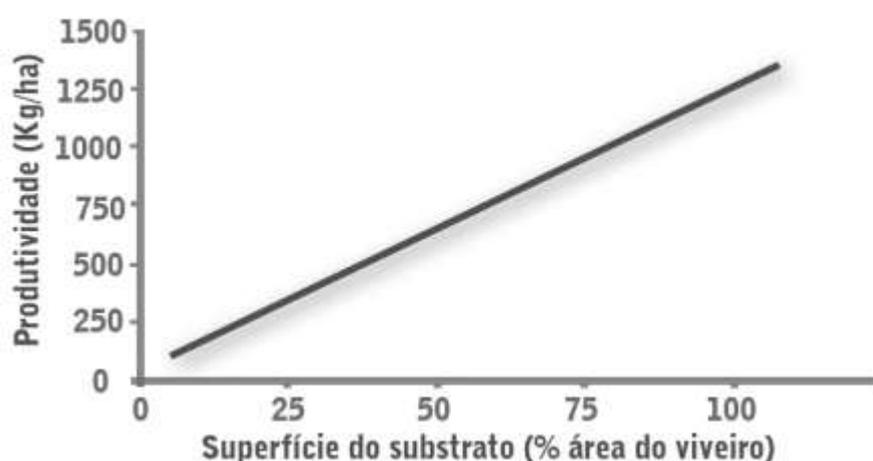


Figura 1. Relação entre produtividade de peixes e superfície do substrato para o crescimento do perifíton. Adaptado de Azim et al. (2004).

O desenvolvimento perifítico ocorre sobre uma camada limpa, que geralmente se inicia com deposição, por forças eletrostáticas, de uma cobertura de substâncias

orgânicas (mucopolissacarídeos) (HOAGLAND et al., 1982; COWLING et al., 2000). Assim que a cobertura é formada, bactérias são atraídas por reações hidrofóbicas anexando ao substrato por fios mucilaginosos permanecendo fixadas ao substrato, mantendo-se até o fim do seu desenvolvimento. Posteriormente, ocorre o crescimento de organismos autotróficos, fitoplâncton e de algas como as diatomáceas, em seguida organismos heterotróficos (protozoários, insetos, zooplâncton e nematoides) fixam-se aos substratos (AZIM et al., 2005).

Assim que a comunidade é estabelecida pode ocorrer seu desprendimento da comunidade pela ação de predação dos peixes (Figura 2). É importante ressaltar que o aumento ou diminuição da densidade da comunidade perifítica ocorre pela competição por CO_2 , nutrientes e luz, assim ocorrendo mudanças no crescimento de alguns organismos (HOAGLAND et al., 1982).

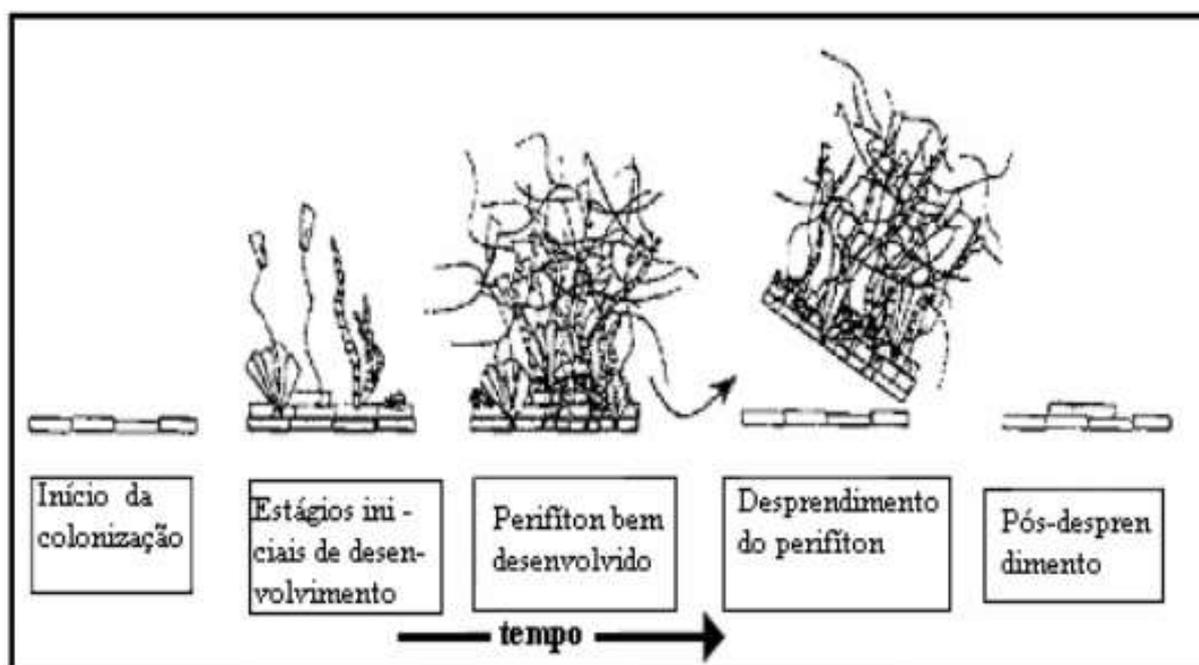


Figura 2. Crescimento do perifíton, da fixação ao desprendimento através de uma estrutura vertical.

Fonte: Teixeira (2003), adaptado de Tuchman e Stevenson (1991).

O período em que a diversidade e a riqueza de espécies atingem valores máximos no perifíton ocorre por volta de 14 a 21 dias após a inserção dos substratos. Após esse período, os organismos que serão cultivados já podem ser povoados no sistema de produção para que aproveitem ao máximo a disponibilidade de alimento

natural (MOSCHINI-CARLOS, 1999; RODRIGUES e BICUDO, 2001). Em estudo realizado por Garcia et al. (2016) no reservatório de Nova Avanhandava, o tempo de colonização para estabilização do acúmulo de matéria seca em substratos de bambu foi de três semanas.

Atualmente vêm se utilizando o termo “Sistemas baseados no perifíton” (Periphyton Based Aquaculture - PBA) com funcionalidade de melhorar a produtividade dos sistemas de produção por meio da fixação de energia (AZIM et al., 2005) e produção de alimento natural para os organismos cultivados (GARCIA et al., 2016; JHA et al., 2018), além de auxiliar no tratamento dos efluentes (LEVY et al., 2017; SUTHERLAND e CRAGGS, 2017), mitigando o processo de eutrofização.

Este tipo de sistema emprega troncos de arvores, bambu, cano de PVC entre outros materiais servindo como substrato para favorecer o crescimento de organismos autotróficos e heterotróficos da biota aquática, como bactérias, fungos, protozoários e principalmente de algas (AZIM et al., 2001a; HUCHETTE et al., 2000; VAN DAM et al., 2002).

O perifíton é um componente nutricionalmente rico em proteínas, vitaminas e minerais, constituindo importante recurso alimentar para diversos organismos aquáticos, promovendo a redução das taxas de conversão alimentar e melhorando os índices zootécnicos (AZIM et al., 2001b). Alguns fatores afetam o valor nutricional da comunidade perifítica como por exemplo, disponibilidade de luz, nutrientes, pressão de pastejo, tipo do substrato e características do ambiente, como a relação C:N:P (AZIM et al., 2005). Na tabela 1 está apresentada a composição nutricional do perifíton em dois diferentes tipos de substratos.

Tabela 1. Composição nutricional do perifíton em dois tipos de substratos.

Tipo de substrato	Proteína (%)	Lipídios (%)	Carboidrato (%)	Cinzas (%)	Energia (KJ/g)
Lâmina de vidro	14-17	2-4	-	43-47	-
Bambu	23-32	2-5	33	15-29	14-20

Adaptado de Azim et al. (2005).

Embora a maioria dos estudos sobre perifíton sejam realizados para se conhecer a taxonomia e composição nutricional desses microrganismos (AZIM et al., 2001a; VERDEGEM e AZIM, 2001; AZIM e LITTLE, 2006; THOMPSON et al., 2002; ZORZAL-ALMEIDA e FERNANDES, 2014), diversos autores têm demonstrado que substratos fornecidos para o crescimento de perifíton podem contribuir para o aumento da produtividade de organismos aquáticos cultivados (Figura 3).

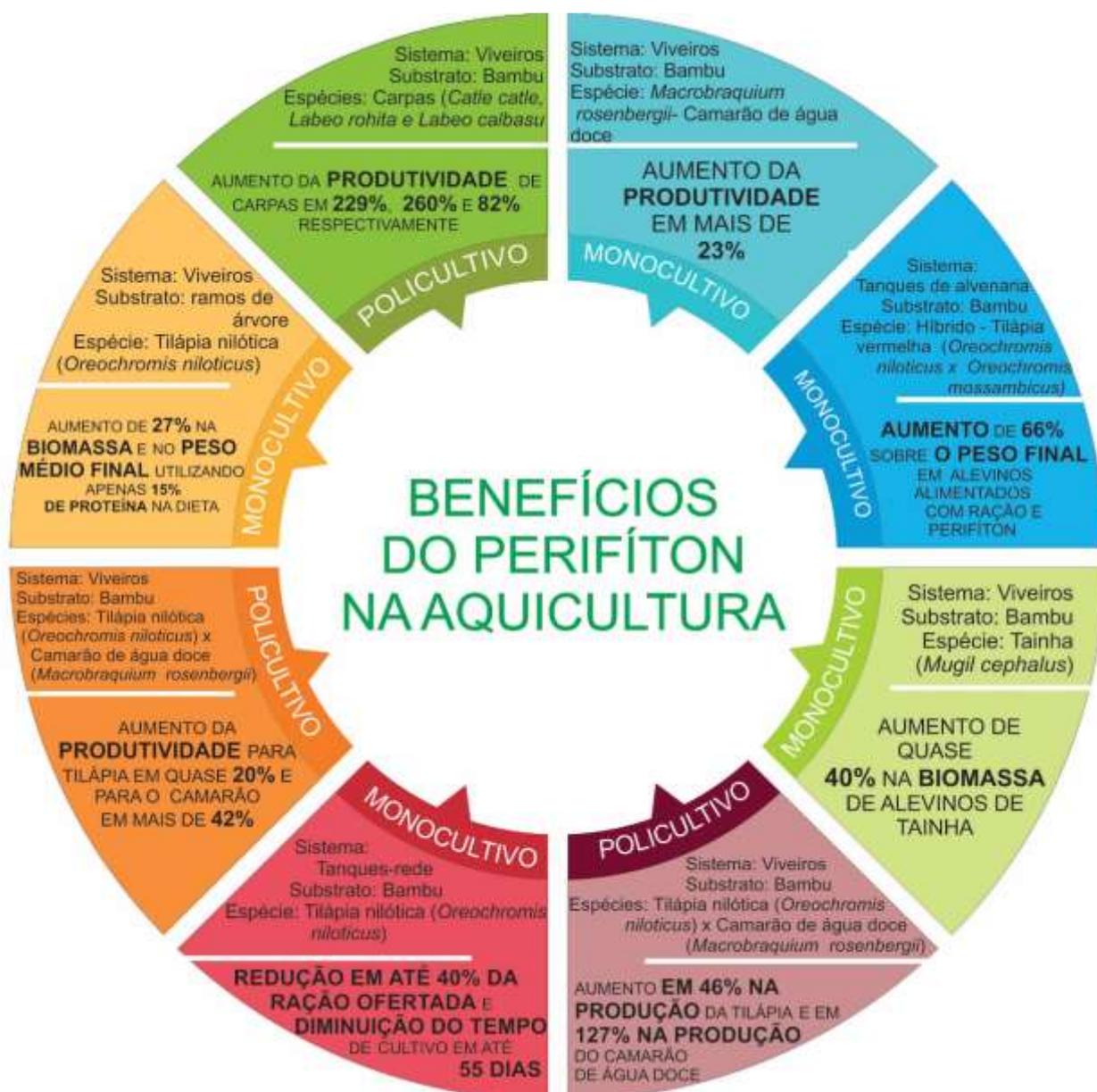


Figura 3. Benefícios da inclusão do perifíton em sistemas aquícolas. Fonte: Asaduzzaman et al. (2008 e 2009), Azim et al. (2004), Garcia et al. (2016), Jana et al. (2004), Keshavanath et al. (2004), Sakr et al. (2015) e Uddin et al. (2007).

Apesar desta linha de pesquisa apresentada, ainda são escassas pesquisas em escala comercial de cultivo, em sistemas mais intensivos, que busquem determinar a viabilidade técnica e econômica do uso de substrato em pisciculturas. Principalmente quanto aos benefícios do perifíton em reduzir o tempo de criação, e sobretudo reduzir o uso e gasto com a ração, insumo de elevado custo na aquicultura.

1.4 Gestão de Custo na Piscicultura

O setor de maior movimentação e, conseqüentemente, importante de bens no Brasil é o agronegócio (HELENO, 2009). Inserida no agronegócio, a piscicultura vem se destacando por apresentar elevado número de agentes que compõem as cadeias produtivas (PEIXEBR, 2020). Com todo o potencial brasileiro para a produção de peixes, como o clima tropical, a elevada disponibilidade hídrica, mercado interno e a produção de grãos, o país ainda não se estabeleceu como grande produtor aquícola (SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017).

Segundo Kubo (2014) ainda é necessário melhorar a organização do setor produtivo de modo a compartilhar informações e conhecimentos gerados. Além disso, é preciso melhorar a qualidade do pescado e aumentar o desenvolvimento tecnológico para reduzir o custo de produção e obtenção da compreensão do sistema produtivo no que diz respeito aos aspectos econômicos.

Martins et al. (2001) citam que o mau gerenciamento dos custos, receitas e além da falta de informações pode comprometer o empreendimento rural. O gerenciamento proporciona êxito nos possíveis resultados e tomadas de decisões importantes para o pleno funcionamento da atividade (ANDRADE et. al., 2012), identificando os possíveis problemas da atividade e auxiliando na tomada de decisões.

Para o gerenciamento produtivo a análise do custo de produção serve como ferramenta importante no fornecimento de indicadores econômicos que subsidiem a gestão da atividade. O custo de produção é caracterizado pelos gastos consumidos para geração de um produto incluindo a depreciação dos bens duráveis (SCHUH, 1976; COSTA et al., 2018).

Para estudos e tomadas de decisões dos empreendimentos agrícolas e aquícolas vêm se utilizando o cálculo do custo operacional total desenvolvido pelo

Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (IEA) demonstrado por Matsunaga et al. (1976). Nesta metodologia são considerados os desembolsos monetários efetivos (Custo operacional efetivo) essenciais para a produção de um produto, como a mão de obra familiar e a depreciação do capital fixo, não sendo computados os custos oportunidades. Resultando da somatória do custo operacional efetivo (COE) e demais itens como depreciação e mão de obra utilizada no processo obtemos o custo operacional total.

Esta estrutura considera apenas os desembolsos monetários efetivos (Custo Operacional Efetivo) necessários para a produção de um produto, a mão de obra familiar e a depreciação do capital fixo, não sendo computados os custos oportunidades. Por isso é considerada pelos autores como mais objetiva, simples e adequada para comparação de custos em diferentes tecnologias e regiões.

O Custo Operacional Total (COT) é resultante do somatório do Custo Operacional Efetivo (COE) e os demais itens (depreciação e mão-de-obra familiar), que não representam desembolsos efetivos, mas são utilizados no processo de produção. Martin et al. (1995) mencionam que o COT é o custo que o produtor ou empresário rural sujeita-se no curto prazo para produzir o produto e para restituir a processo, continuando a produção no médio prazo. Para este tipo de informação Martin et al. (1995) propuseram os principais indicadores de lucratividade, descritos a seguir.

Receita Bruta (RB): é a receita total gerada das atividades executadas, obtido através do preço de venda do produto (P) multiplicando pela quantidade comercializada (Q);

$$RB = P \times Q$$

Lucro operacional (LO): também definido como resultado operacional, é o valor monetário por remunerar as variáveis produtivas, sendo o desconto da receita bruta e custo operacional total (COT);

$$LO = RB - COT$$

Índice de lucratividade (IL): expressa em porcentagem a participação do lucro operacional na receita bruta, obtida pela razão entre o lucro operacional e a receita bruta;

$$IL = \frac{LO}{RB} \times 100$$

Quantidade de nivelamento (QN): fornece informações a respeito do custo em relação a unidade do produto, determinando qual seria a produção mínima necessária para atender o custo, conforme o preço de venda unitário (Pu);

$$QN = \frac{COT}{Pu}$$

Preço de nivelamento: indica o preço mínimo necessário para satisfazer o custo operacional total (COT), dada uma produção (Q) para que a rentabilidade seja zero. Na prática fornece informações do preço mínimo a ser comercializada do produto sem que haja prejuízos.

$$PN = \frac{COT}{Q}$$

Deste modo, é imprescindível o conhecimento dos indicadores econômicos, de modo a garantir a produtividade e funcionamento da atividade aquícola, independentemente do nível produtivo ou sistema de produção empregado.

REFERÊNCIAS

ABWAO, J. O.; BOERA, P. N.; MUNGUTI, J. M.; ORINA, P. S.; OGELLO, E. The potential of periphyton based aquaculture for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) production. A review. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 2, n. 1, p. 147-152, 2014.

AHMED, K. K.; HAMBREY, J. B. Brush shelter: a recently introduced fishing method in the Kaptai reservoir fisheries in Bangladesh. **ICLARM Quarterly NAGA** v. 22, n. 4, p. 20-23, 1999.

ANDRADE, M. G. F.; MORAIS, M. I.; MUNHÃO, E. E.; PIMENTA, P. R. Controle de custos na agricultura: um estudo sobre a rentabilidade da cultura da soja. **Custos e @gronegocio on line**, v. 8, n. 3, p. 25-45, 2012.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; AZIM, M. E.; HAQUE, S.; SALAM, M. A. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, v. 280, n. 1-4, p. 117-123, 2008.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; BANERJEE, 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.

AZIM, M. E.; WAHAB, M. A.; VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M.; MITSTEIN, A. VERDEGEM, M. C. J. Optimization of fertilization rate for maximizing periphyton production on artificial substrates and the implication for periphyton-based aquaculture. **Aquaculture Research**, v. 32, 749–760, 2001a.

AZIM, M. E.; LITTLE, D. E. Intensifying aquaculture production through new approaches to manipulating natural food. *Cab Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science. Nutrition and Natural Resources*, v. 1, n. 62, p. 1-23, 2006.

AZIM, M. E.; VERDEGEM, M. C. J.; SINGH, M., VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M. The effects of periphyton substrate and fish stocking density on water quality, phytoplankton, periphyton and fish growth. *Aquaculture Research*, v. 34, p. 685–695, 2003.

AZIM, M. E.; VERDEGEM, M. C. J.; VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M. **Periphyton: ecology, exploitation and management**. CABI Publishing. Cambridge, 2005. 319 p.

AZIM, M. E.; WAHAB, M. A.; BISWAS, P. K.; ASAEDA, T.; FUJINO, T.; VERDEGEM, M. C. J. The effect of periphyton substrate density on production in freshwater polyculture ponds. *Aquaculture*, v. 232, n. 1-4, p. 441-453, 2004.

AZIM, M. E.; WAHAB, M. A.; VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M.; HUISMAN, E. A.; VERDEGEM, M. C. J. Optimization of stocking ratios of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* Ham. and catla *Catla catla* Ham. in a periphyton- based aquaculture system. *Aquaculture*, v. 203, n. 1-4, p.33-49, 2001b.

CASTAGNOLLI, N. **Criação de peixes de água doce**. Funep, São Paulo, p. 81-82, 1992.

COSTA, J. I.; SABBAG, O. J.; MARTINS, M. I. E. G., 2018. Avaliação econômica da produção de tilápias em tanques-rede no médio Paranapanema-SP. **Custos e @gronegocio on line**, v. 14, n. 4, p. 259-281, 2018.

COWLING, M. J., HODGKIESS, T., PARR, A. C. S., SMITH, M. J., MARRS, S. J. An alternative approach to antifouling based on analogues of natural processes. *Science of the total environment*, v. 258, n. 1-2, p. 129-137, 2000.

DAVID, G. S.; CARVALHO, E. D.; NOVAES, J. L. C.; BIONDI, G. F. A tilápia do Tietê: desafios e contradições da pesca artesanal de tilápias nos reservatórios hipereutróficos do médio rio Tietê. **Panorama da Aquicultura**, v. 16, p. 4-7, 2006.

DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilapia, *Oreochromis aureus* X *Oreochromis niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchel 1822). **Aquaculture Fish Management**, v. 22, p. 397-403, 1991.

FAO, 2018a. **Cultured Aquatic Species Information Programme – *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)**. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en>. Acessado em 9 de agosto de 2018.

FAO, 2018b. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the sustainable development goals**. Rome. 2018b. 227p.

FISH, G. R., 1960. The comparative activity of some digestive enzymes in the alimentary canal of tilapia and perch. **Hydrobiologia**, v. 15, p. 161- 178, 1960.

GARCIA, F.; ROMERA, D. M.; SOUSA, N. S.; RAMOS, I. P.; ONAKA, E. M. The potential of periphyton-based cage culture of Nile tilapia in a Brazilian reservoir. **Aquaculture**, v. 464, p. 229-235, 2016.

GOMNA A. A comparative study of the profitability of brush parks in two states in Nigeria. **International Journal of Fisheries and Aquaculture** v. 7, n. 10, p.160-166, 2015.

GUIRAT, D.; GOURBAULT, N.; HELLEOUET, M. N. Sediment nature and meiobenthos of na artificial reef (Acadja) used for extensive aquaculture. **Oceanologica Acta**, v. 18, p. 543–555, 1995.

HELENO, G. Administração Rural: as oportunidades do Brasil rural. **Revista Brasileira de Administração**, v. 70, n. 70, p. 22, 2009.

HEM, S.; AVIT, J. L. B. First results on “acadja-enclos” as an extensive aquaculture system (West Africa). **Bulletin of Marine Science**, v. 55, n. 2-3, p. 1038–1049, 1994.

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

HOAGLAND, K. D.; ROEMER, S. C.; ROSOWSKI, J. R. Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (Bacillariophyceae). **American Journal of Botany**, v. 69, n. 2, p. 188–213, 1982.

HUCHETTE, S. M. H.; BEVERIDGE, M. C. M.; BAIRD, D. J.; IRELAND, M. The impact of grazing by tilapias (*Oreochromis niloticus* L.) on periphyton communities growing on artificial substrate in cages. **Aquaculture**, v. 186, n. 1-2, p. 45–60, 2000.

JANA, S. N.; GARG, S. K.; PATRA, B. C. Effects of periphyton performance of grey mullet, *Mugil cephalus* Linn., in inland saline groundwater ponds. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 20, p. 110- 117, 2004.

JHA, S.; RAIA, S.; SHRESTHAA, M.; DIANAB, J. S.; MANDALA, R. B.; EGNAC, H. Production of periphyton to enhance yield in polyculture ponds with carps and small indigenous species. **Aquaculture Reports** v. 9, p.74–81, 2018.

KESHAVANATH, P.; GANGADHAR, B.; RAMESH, T. J.; VAN DAM A. A.; BEVERIDGE, M. C. M.; VERDEGEM, M. C. J. Effects of bamboo substrates and supplemental feeding on growth and production of hybrid red tilápia fingerlings *Oreochromis mossambicus* X *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 235, n. 1-4, p. 303- 314, 2004.

KUBO, E. Pescados e derivados. In: MADI, L. F.; REGO, R. (Org.). Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos no Brasil: agroindústria de alimentos. **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, v. 4 p. 75-84, 2014.

LEVY, A.; MILSTEIN, A.; NEORI, A.; HARPAZ, S.; SHPIGEL, M.; GUTTMAN, L. Marine periphyton biofilters in mariculture effluents: Nutrient uptake and biomass development. **Aquaculture**, v. 473, p. 513-520, 2017.

LIMA-JUNIOR, E. M.; PICOLLO, N. S.; MIRANDA, M. J. B.; RIBEIRO, W. L. C.; ALVES, A. P. N. N.; FERREIRA, G. E.; PARENTE, E. A.; MORAES-FILHO, M. O. Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. **Revista brasileira de queimaduras**, v. 16, n. 1, p. 10-7, 2017.

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

MARTIN, N. B.; SCORVO-FILHO J. D.; SANCHES, E. G.; NOVATO, P. F. C.; AYROSA, L. M. S. Custos e retornos na piscicultura em São Paulo. **Informações econômicas**, v. 25, n. 1, p. 9-47, 1995.

MARTINS, C. V. B.; OLIVEIRA, D. P.; MARTINS, R. S.; HERMES, C. A.; OLIVEIRA, L. G.; VAZ, S. K.; MINOZZO, M. G.; CUNHA, M.; ZACARKINA, C. E. Avaliação da piscicultura na região oeste do estado do Paraná. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, n. 1, p. 77-84, 2001.

MASSAGO, H.; CASTAGNOLLI, N.; MALHEIROS, E. B.; KOBERSTEIN, T. C. R. D.; SANTOS, M. A.; RIBEIRO, R.P. Crescimento de quatro linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus*. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 4, p. 397-403, 2010.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, H. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo** v. 23, p. 123-139, 1976.

MCMANUS, A.; MERGA, M.; NEWTON, W. Omega-3 fatty acids. What consumers need to know? **Appetite**, v. 57, n. 1, p. 80-83, 2011.

MORO, G. V.; TORATI L. S.; LUIZ, D. B.; MATOS, F. T. Monitoramento e manejo da qualidade da água em pisciculturas. In: Rodrigues P.O.; et al. **Piscicultura de água doce – Multiplicando conhecimentos**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 440 p.

MOSCHINI-CARLOS, V. Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais. In Pompêo, M.L.M., 1. ed. **Perspectivas na Limnologia do Brasil**. Gráfica e editora União, São Luís, 1999. 198 p.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. Varela, São Paulo, 1999. 430 p.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. Artmed, Porto Alegre, 2005. 280 p.

PEIXEBR (Associação Brasileira de Piscicultura). **Anuário 2020 Peixe Br da Piscicultura**, 2020. 136 p.

PIZATO, S.; KRAIESKI, J.; SARMENTO, C.; PRENTICE, C. Avaliação da qualidade tecnológica apresentada por tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) enlatada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 667-674, 2012.

RODRIGUES, L.; BICUDO, D. D. C. Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper Paraná river floodplain, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 3, p. 235–248, 2001.

SAKR, E. M.; SHALABY, S. M.; WASSEF, E. A.; EL-SAYED, A. M.; ABDEL-MONEIM, A. I. Evaluation of periphyton as a food source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

juveniles fed reduced protein levels in cages. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 27, n. 1, p.50–60, 2015.

SANTOS, V. B. A. A disponibilidade de diferentes linhagens de tilápias. **Pesquisa e Tecnologia** v. 3, n. 1, p. 1-4, 2006.

SCHUH, G. E. Considerações teóricas sobre custos de produção na agricultura. **Agricultura em São Paulo**, v. 23, p. 97–119, 1976.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: Diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de Tilápia**. Texto para discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada- Brasília. Rio de Janeiro: Ipea, 2017. 44 p.

SHANKAR, K. M.; MOHAN, C. V.; NANDEECHA, M. C. Promotion of substrate based microbial biofilms in ponds-a low cost technology to boost fish production. **The ICLARM Quarterly NAGA**, v. 21, n. 4, p. 18-22, 1998.

SHIAU, S.Y. Utilization of carbohydrates in warmwater fish - with reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, v. 151, n. 1-4, p. 79-96, 1997.

SIDONIO L.; CAVALCANTI I.; CAPANEMA L.; MORCH R.; MAGALHÃES G.; LIMA J.; BURNS V.; ALVES JÚNIOR A.J.; MUNGIOLI R. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **BNDES Setorial**, v. 35, p. 421-463, 2012.

SUTHERLAND, D. L.; CRAGGS, R. J. Utilising periphytic algae as nutrient removal systems for the treatment of diffuse nutrient pollution in waterways. **Algal Research**, v. 25, 496-506, 2017.

TEIXEIRA, L. M. F. **Utilização de substrato artificial para colonização perifítica: subsídio à remoção de microorganismos e nutrientes na Estação de Tratamento de Esgotos, Lami, Porto Alegre – RS**. Dissertação de Mestrado - Universidade

Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, 2003. 83p.

THOMPSON, F. L.; ABRE, P. C.; WASIELESKY, W. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture** v. 203, n. 3-4, p. 263-278, 2002.

TUCHMAN N. C.; STEVENSON R. J. Effects of Selective Grazing by Snails on Benthic Algal Succession. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 10, n. 4, p. 430-443, 1991.

UDDIN, M. S.; FARZANA, A.; FATEMA, M. K.; AZIM, M. E.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J. Technical evaluation of tilapia *Oreochromis niloticus* monoculture and tilapia-prawn *Macrobrachium rosenbergii* polyculture in earthen ponds with and without substrates for periphyton development. **Aquaculture**, v. 269, n. 1-4, p. 232- 240, 2007.

VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M.; AZIM, M. E.; VERDEGEM, M. C. J. The potential of fish production based on periphyton. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 12, p. 1–31, 2002.

VERDEGEM, M. C. J.; AZIM, M. E. Periphyton-based aquaculture: a novel fish culture technology. **Research for sustainable and development**, v. 1, p. 1-4, 2001.

VIOLA, S.; ARIELI, Y. Evaluation of different grains as ingredients in complete feeds for carp and tilapia in intensive culture. **Israel Journal Aquaculture**, v. 35, p. 38-43, 1983.

WAHAB, M. A.; KIBRIA, M. G. Katha and kua fisheries- unusual fishing methods in Bangladesh. **Aquaculture News**, v. 18, p. 1-24, 1994.

WELCOME, R. L. An evaluation of acadja method of fishing as practiced in the costal lagoons of Dahomey (West Africa). **Journal of Fish Biology**, v. 4, p. 39-55, 1972.

WETZEL, R. G. Opening remarks. In **Periphyton of freshwater ecosystems**. R.G. Wetzel, ed.). Dr. W. Junk Publishers, 1983. p.339-346.

ZANIBONI FILHO, E. Piscicultura de espécies exóticas de água doce. In: Poli, C. R.; Poli, A.T. B.; Andreatta, E. R.; Beltrame, E., 2004. **Aquicultura, experiências brasileiras**. 1. ed. Florianópolis: Multitarefa, 2004. 456p.

ZIMMERMANN, S. Incubação artificial: técnica permite a produção de tilápias do Nilo geneticamente superiores. **Panorama da Aquicultura** v. 9, p.15-21, 1999.

ZORZAL-ALMEIDA, S.; FERNANDES, V. O. The influence of the predation of tilapia (*Oreochromis sp.*) in the periphytic algae community structure in a tropical pisciculture pond. **Neotropical Biology and Conservation** v. 9, n. 1, p.49-54, 2014.

OBJETIVOS GERAIS

Avaliar se o perifíton (alimento natural) em substratos de bambu afeta o desempenho e viabilidade econômica da produção de juvenis de tilápias do Nilo (*O. niloticus*), sob redução alimentar em viveiros escavados.

Hipóteses testadas:

- O perifíton associado a substrato de bambu complementa a dieta de juvenis de tilápias do Nilo em viveiros escavados

- O perifíton associado a substrato de bambu substitui parcialmente a ração comercial na produção de juvenis de tilápias do Nilo em sistema de produção em viveiros escavados.

- O perifíton associado a substrato de bambu reduz o tempo de cultivo na produção de juvenis de tilápias do Nilo em sistema de produção em viveiros escavados.

- O perifíton associado a substrato de bambu reduz a mortalidade na produção de juvenis de tilápias do Nilo em sistema de produção em viveiros escavados.

- O perifíton associado a substrato de bambu reduz o custo de produção e melhora a lucratividade na produção de juvenis de tilápias do Nilo em viveiros escavados.

CAPÍTULO I – Perifiton como alimento complementar na produção de juvenis de tilápias do Nilo em viveiros escavados

Manuscrito formatado nas normas da revista *Aquaculture*

Resumo: A aquicultura vem sendo a atividade de produção animal com maior crescimento mundial nos últimos anos. No Brasil a atividade segue a mesma tendência de crescimento, sendo a tilápia o organismo aquático mais cultivado no país. Entretanto são necessários estudos que visem melhor manejo para produção de juvenis para redução dos custos e aumento de sua disponibilidade. Assim, a utilização de perifiton (alimento natural) pode possibilitar o desenvolvimento de práticas de criação com menor adição de nutrientes provenientes da ração ao ambiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização do perifiton e o desempenho de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados submetidos ao manejo alimentar de substituição parcial da ração comercial por perifiton. O experimento contou com dois fatores principais (presença ou ausência de substrato) e dois fatores secundários (alimentação com 100% e 50% da porção diária de ração). Iniciou-se com alevinos revertidos de tilápias do Nilo com peso médio de $2,18 \pm 0,08$ gramas e foi encerrado aos 55 dias de cultivo. Foi avaliado o desempenho, conteúdo estomacal e relação peso-comprimento. O tratamento com substituição parcial da ração com substrato de bambu apresentou valores similares de ganho de peso, taxa de crescimento específico, produtividade e melhor conversão alimentar em relação ao sistema convencional de produção. Em todos os tratamentos observou-se crescimento do tipo alométrico negativo e utilização do perifiton, com predominância de ocorrência nos tratamentos com substratos de bambu. Conclui-se que juvenis de tilápia do Nilo podem utilizar o perifiton como recurso alimentar, permitindo diminuir 50% do uso da ração sem comprometer os índices de desempenho.

Palavras-chave: alimento natural, *Oreochromis niloticus*, sistema intensivo, substrato de bambu

Chapter I - Periphyton as a complementary food on Nile tilapia juveniles farming in ponds

Abstract: Aquaculture has been the fastest growing animal production activity in recent years. In Brazil the activity has the same trend of growth and tilapia is the most cultivated aquatic organism. However, studies are needed to improve the management of juvenile production to reduce costs and increase their availability. Thus, the use of periphyton (natural food) can make possible the development of rearing practices with less nutrients release from the feed to the environment. The aim of this study was to evaluate the use of the periphyton and the growth performance of Nile tilapia juveniles in ponds submitted to the partial substitution of commercial aquafeed for periphyton food. The experiment had two main factors (presence or absence of substrate) and two secondary factors (feeding with 100% and 50% of the daily portion). The trial started with reversed fingerlings of Nile tilapia with average weight of 2.18 ± 0.08 grams and was finalized after 55 days of farming. The growth performance, stomach content and weight-length ratio were evaluated. The treatment with dietary restriction with bamboo substrate presented similar values of weight gain, specific growth rate, productivity and better conversion than the conventional system. In all treatments, negative allometric growth and periphyton use were observed, with predominance of bamboo substrate treatments. In conclusion, Nile tilapia juveniles could use the periphyton as a food resource, allowing 50% of reduction on aquafeed use without compromising growth performance.

Keywords: Natural food, *Oreochromis niloticus*, intensive system, bamboo substrate

INTRODUÇÃO

A aquicultura vem sendo a atividade de produção de alimentos de origem animal com maior crescimento nos últimos anos de acordo com a FAO (2018). No Brasil a atividade segue a mesma tendência de crescimento, segundo a Associação Brasileira da Piscicultura – PeixeBR (2020) a criação de peixes em 2020 alcançou mais de 758 mil toneladas, aumento de 4,9% superior ao ano anterior. Entre as principais espécies cultivadas no país, a tilápia se destaca como o organismo aquático mais produzido, com 432.149 toneladas despescadas em 2019 (PEIXEBR, 2020).

Entretanto, existem problemas/dificuldades relacionados à produção de peixes no país como: dificuldade de obter licenças ambientais, falta de políticas específicas para o desenvolvimento do setor, o difícil acesso ao crédito, alto custo de produção, tecnologia pouco disponível, elevado preço das rações e falta de juvenis (CATI, 2016). Assim, estudos que visem melhor manejo para produção de juvenis são de suma importância para redução dos custos e aumento de sua disponibilidade (AYROZA et al., 2011).

Para que a produção de juvenis de tilápias do Nilo se torne uma atividade atraente para produtores familiares com pequena área de lâmina d'água é necessário melhorar a eficiência do sistema. Uma maneira para isso, é a utilização de alimento natural como parte da dieta (BEVERIDGE e BAIRD, 2000), uma vez que a espécie *O. niloticus* possui hábito alimentar onívoro oportunista, com tendência à herbivoria e é capaz de aproveitar eficientemente fitoplâncton e perifíton em sua dieta (SANDERSON et al., 1996; BEVERIDGE e BAIRD, 2000; MARENGONI, 2006; ZORZAL-ALMEIDA e FERNANDES, 2014; GARCIA et al., 2013 e 2016).

O perifíton é um termo utilizado para compreender grupos de microrganismos como algas, algas filamentosas, protozoários, rotíferos e cladóceros, aderidos a substratos sejam eles orgânicos ou inorgânicos (WETZEL, 1983; ABWAO et al., 2014). O desenvolvimento destas comunidades pode ser em diferentes substratos como, bambu, pedras, plásticos, vidros, etc. (WETZEL, 2001; AZIM et al., 2005). Estudo conduzido por Dempster et al. (1993) demonstraram que as taxas de ingestão de algas pela tilápia são 25 vezes maiores quando este alimento é proveniente de

perifíton aderido a um substrato do que quando são oferecidas como fitoplâncton presentes na coluna d'água.

Sakr et al. (2015) avaliaram a predação de fitoplâncton presente da comunidade perifítica por *O. niloticus* e constataram que a tilápia utiliza perifíton como recurso alimentar, resultando em melhor desempenho e eficiência na conversão de nutrientes. Ainda, Asaduzzaman et al. (2009) e Rodrigues (2019) verificaram que a predação do perifíton por tilápia pode diminuir em torno de 52% e 75% do perifíton total.

Em estudo realizado por Garcia et al. (2016) foi avaliada a inclusão de substratos de bambu para produção de perifíton em tanques-rede e dependendo da biomassa de peixe estocada e do manejo alimentar adotado (com ou sem restrição), a inclusão do substrato pode reduzir até 40% da ração ofertada, diminuindo também o tempo de cultivo em até 55 dias.

Assim sendo, a utilização de perifíton pode possibilitar o desenvolvimento de práticas de criação com menor adição de nutrientes provenientes da ração ao ambiente, reduzindo, conseqüentemente, o impacto ambiental desta atividade (PENCZAK et al., 1982; SIQUEIRA et al., 2009; RAMOS et al., 2013 e 2014) tornando a atividade mais sustentável e resiliente (DAVID et al., 2018).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização do perifíton e o desempenho de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em viveiros escavados submetidos ao manejo alimentar de substituição parcial da ração comercial por perifíton.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Área de estudo

O experimento foi conduzido em seis viveiros escavados de 130 m² localizado no Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais – Votuporanga/SP (IAC). Cada viveiro foi dividido longitudinalmente por meio de uma rede de 2 metros de altura e malha de 5 mm, totalizando 12 unidades experimentais com área de 65 m² (Figura 4).

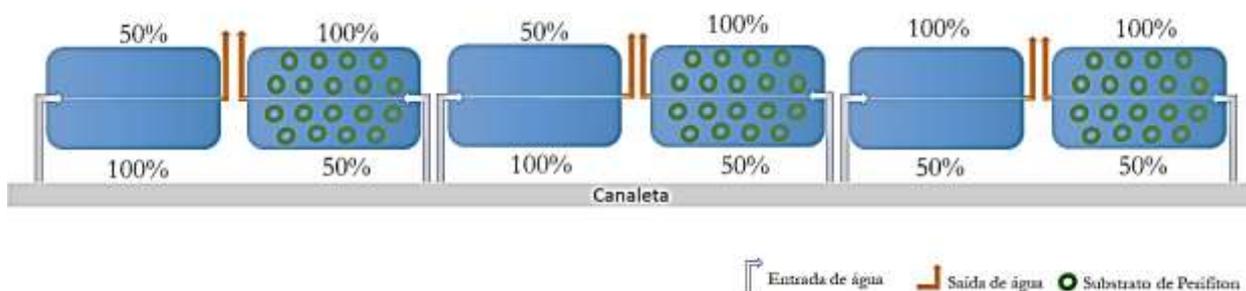


Figura 4. Desenho esquemático dos viveiros experimentais, com e sem inclusão de substrato de bambu para crescimento de perifiton, alimentados com 100% e 50% da porção de ração diária recomendada.

2. Delineamento experimental

O delineamento experimental contou com dois fatores principais (presença ou ausência de substrato) e dois fatores secundários (alimentação com 100% da porção diária recomendada e alimentação com 50% da porção diária recomendada) com três repetições cada, totalizando 12 unidades experimentais (Tabela 2).

Tabela 2. Tratamentos utilizados para avaliar o desempenho de juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) em viveiros escavados submetidos ao manejo alimentar de substituição parcial da ração comercial por perifíton.

Manejo alimentar	Utilização do substrato	Sigla dos tratamentos
100% da alimentação recomendada	Sem	100S
50% da alimentação recomendada	Sem	50S
100% da alimentação recomendada	Com	100C
50% da alimentação recomendada	Com	50C

O estudo seguiu as normas do Conselho nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela comissão de ética no uso animais (CEUA), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Campus de Jaboticabal (protocolo nº000373/20). A pesquisa foi iniciada com alevinos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), provenientes da Piscicultura Arancanguá situada em Santo Antônio do Aracanguá, SP, com peso médio de $2,18 \pm 0,08$ gramas e foi encerrado após 55 dias de cultivo durante o período de maio a julho. A densidade de estocagem utilizada foi de 22 de peixes por m^2 , seguindo o manejo adotado por piscicultores da região Noroeste Paulista (informação obtida em visita prévia às pisciculturas).

Os substratos foram confeccionados com bambu, sendo que a somatória da área das hastes correspondeu a 50% da área de superfície de água, de acordo com o estabelecido por Azim et al. (2004) em que os autores relatam que a produtividade perifítica aumenta proporcionalmente à medida que substratos são adicionados ao sistema de cultivo.

Hastes de bambus de 1 m de comprimento partidas longitudinalmente foram agrupadas contendo dez hastes, totalizando nove módulos contando com estruturas flutuantes que auxiliaram na sua alocação e manejo nos viveiros. A escolha do

substrato de bambu foi baseada na produtividade e qualidade nutricional de perifíton quando comparado a substratos de bagaço de cana ou PVC (KESHAVANATH et al., 2001), e com base na disponibilidade deste substrato em propriedades rurais (Figura 5).

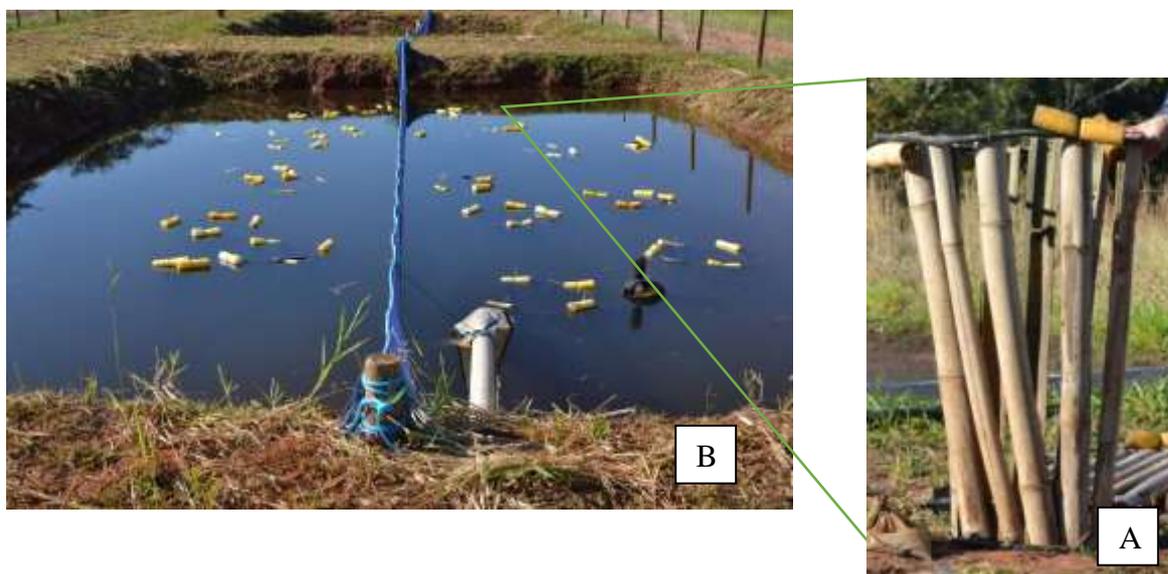


Figura 5. Substratos de bambu utilizados para o crescimento do perifíton (A) e disposição dos módulos nas unidades experimentais (B).

Foi oferecida aos peixes ração comercial extrusada de 1.2mm. A análise bromatológica para a garantia do produto foi realizada no laboratório de bromatologia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP/FEIS) conforme a AOAC (2016) (Tabela 3). O manejo alimentar seguiu recomendações do fabricante com o propósito de tornar o mais parecido possível do sistema comercial de produção, fornecendo de 12-6% do peso vivo durante o ciclo de produção. Os peixes não submetidos à restrição alimentar foram alimentados em cinco tratos diários e os tratamentos submetidos à substituição parcial da ração foram alimentados em três tratos diários para incentivar a busca pelo perifíton no decorrer do dia. Apesar da taxa de arraçoamento ter sido baseada nas recomendações para a espécie, a oferta foi realizada até a saciedade aparente, de modo a se evitar sobras na água.

Tabela 3. Análise bromatológica da ração comercial oferecida no estudo.

Composição química	Valores (%)
Matéria seca	91,11
Proteína bruta	43,21
Extrato etéreo	4,82
Extrativo não nitrogenado	37,64
Fibra bruta	1,45
Cinzas	12,88
Nutrientes digestíveis totais	86,22

3. Preparação dos viveiros

Antes do povoamento dos peixes, aplicou-se 200g/m² de calcário nos viveiros escavados (Figura 6a). A aplicação do calcário tem a função de neutralizar a acidez do solo, corrigir a alcalinidade, além de eliminar ovos de peixes, caramujos, parasitas e outros pequenos animais que possam preda os alevinos e/ou competir por recursos (BOYD e QUEIROZ, 2004). Após uma semana da aplicação do calcário, aplicou-se 400g/m² de esterco bovino para a fertilização dos viveiros para aumentar a densidade e a composição de algas, fitoplâncton e outros organismos constituintes do perifíton nos viveiros (Figura 6b).

Todos os viveiros foram protegidos com tela antipássaro e na entrada de água de cada viveiro foi instalado um filtro com malha de 300 micras para evitar a entradas de predadores e ovos/larvas de peixes.



Figura 6. Manejo pré-povamento. Em detalhes a aplicação de calcário (A) e fertilização dos viveiros (B).

4. Desempenho

No início e final do experimento, foi realizada a biometria individual dos peixes de cada unidade experimental, sendo tomadas medidas de comprimento total, padrão e peso dos peixes. Com estes valores, foram calculados o ganho de peso (GP), a taxa de crescimento específico (TCE), a produtividade, a conversão alimentar (CA), o fator de condição (FC) e a uniformidade do lote, representada pelo coeficiente de variação (CV) do peso dos peixes, seguindo as fórmulas:

$$\text{GP (g)} = \text{peso médio final} - \text{peso médio inicial}$$

$$\text{TCE (\%/dia)} = 100 \times (\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}) / \text{número de dias}$$

$$\text{Produtividade (kg/viveiro)} = \text{biomassa final} - \text{biomassa inicial}$$

$$\text{CA} = \text{Consumo de ração/GP}$$

$$\text{FC} = [\text{peso}/(\text{comprimento total})^3] \times 100$$

$$\text{CV} = (\text{desvio padrão do peso dos peixes}/ \text{peso médio}) \times 100$$

Quinzenalmente, realizou-se biometria dos peixes de cada viveiro por amostragem através de uma tarrafa, para a determinação do peso médio dos peixes e assim ajustar a taxa de arraçoamento seguindo protocolo da indústria fornecedora da ração e, conseqüentemente, a construção da curva de crescimento.

Para a avaliação do número de ciclos de cada tratamento foram contabilizados 15 dias de preparação de viveiro (calagem, fertilização e enchimento dos viveiros com água), 55 dias de cultivo e 3 dias de despesca (73 dias). Aos tratamentos com adição de substrato, foram acrescidos 15 dias para colonização do perifíton e ao tratamento com 50% da alimentação sem substrato foram considerados 70 dias de produção com o propósito de padronizar peso final dos peixes em 35 gramas conforme os demais tratamentos.

5. Parâmetros físico-químicos da água

Diariamente, foram tomadas as medidas de vazão, oxigênio dissolvido e temperatura da água de cada unidade experimental no ambiente de cultivo por meio de uma sonda multiparâmetro YSI modelo 55 (Yellow Springs Instrument, EUA). O potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade (μS) foram medidos a cada sete dias com sonda Hanna waterproof (HI 98129) e a transparência da água com disco de Secchi de 20 cm de diâmetro.

As amostras de água para análise físico-química (amônia, nitrito, nitrato, fósforo total e alcalinidade) foram coletadas quinzenalmente e analisadas no instituto de pesca centro do pescado continental em São José do Rio Preto/SP conforme recomendado pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Os valores médios de temperatura foram $22,98 \pm 2,04^\circ\text{C}$, oxigênio dissolvido $4,6 \pm 2,72$ mg/l, pH $7,7 \pm 0,4$, condutividade elétrica $93,71 \pm 35,05$ $\mu\text{S}/\text{cm}$, transparência $51,5 \pm 17,0$ cm, amônia $0,11 \pm 0,09$ mg/l, nitrito $0,008 \pm 0,003$ mg/l, nitrato $0,005 \pm 0,003$ mg/L, fósforo total $0,180 \pm 0,115$ mg/l, alcalinidade $42,64 \pm 4,15$ mg CaCO_3/l e vazão $0,11 \pm 0,53$ l/s.

6. *Mortalidade acumulada*

Diariamente, no período matutino, foi verificada a presença de peixes mortos e/ou moribundos e estes foram removidos das unidades experimentais e contabilizados para o cálculo da mortalidade acumulada durante o cultivo.

7. *Relação peso/comprimento e fator de condição relativo*

A relação peso/comprimento, é considerada um importante modelo matemático na dinâmica de populações para obtenção do tipo de crescimento de peixes (LE CREN, 1951). É bastante usada para avaliar o grau de bem-estar ou de higidez das espécies de peixes e reflete as condições nutricionais e gasto energético (LE CREN, 1951; JOBLING, 2002; GOMIERO e BRAGA, 2003; REGO et al., 2008; TAVARES-DIAS et al. 2010).

O cálculo é baseado na coleta do peso do indivíduo (W_t) e comprimento padrão (L_s), obtendo-se uma equação matemática tipo potência, onde a constante a (coeficiente linear) indica o bem-estar do peixe, e a constante Φ ou b (coeficiente angular) é particular para cada espécie, tende a assumir valores entre 2,0 e 4,0, expressando o tipo de crescimento da espécie no qual variam de acordo com fatores bióticos e abióticos (LE CREN, 1951; SANTOS, 1978; BENEDITO-CECÍLIO e AGOSTINHO, 1997; ORSI et al., 2002; GOMIERO e BRAGA, 2003; LEMOS et al., 2006)

$$W_t = a * L_s^\Phi$$

onde:

W_t = peso total do indivíduo (g);

a = coeficiente linear;

L_s = comprimento padrão (cm);

Φ = coeficiente angular.

Foi determinado o fator de condição relativo ($K_n = W_t/W_e$) individual de cada espécime. O cálculo avalia o quociente entre a massa empiricamente registrada (W_t) e a massa teoricamente esperada (W_e) para um dado comprimento padrão (Le Cren

1951). Foram estimados os valores dos coeficientes “a” e “b” em que foram utilizados no cálculo dos valores teoricamente esperados de massa total (W_e) para um dado valor de L_s , pela da equação: $W_e = a * L_s^b$. Após as estimativas dos valores de K_n , foram calculados os valores médios de K_n nos quatro tratamentos, sendo comparados estatisticamente ao valor centralizador ($K_n = 1,0$), por meio do teste “t” de Student ($p < 0,05$).

$$K_n = W_t / a * L_s^b$$

onde:

K_n = fator de condição relativo;

W_t = peso total do indivíduo (g);

a = coeficiente linear da relação peso/comprimento;

L_s = comprimento padrão do indivíduo (cm);

b = coeficiente angular Φ da relação peso/comprimento.

8. Análise do conteúdo estomacal e avaliação qualitativa e quantitativa do perifíton

As coletas foram realizadas no período matutino, duas horas após o primeiro arraçoamento, de modo a incentivar os peixes a ingerirem perifíton e complementar sua alimentação nos tratamentos com inclusão de bambu. Foram realizadas em três momentos; início (7 dias), meio (30 dias) e final do experimento (55 dias), nos diferentes tratamentos. Foram amostrados 5 peixes por unidade experimental (n total = 180) para verificação do conteúdo estomacal. Os peixes foram colocados em caixa térmica com gelo com o propósito de cessar sua atividade metabólica e evitar regurgitação.

Os peixes foram eutanasiados e os estômagos retirados por meio de incisão abdominal mediana, desde a abertura anal até a região opercular. Os estômagos foram transferidos para frascos etiquetados contendo formol 4% para fixação, posteriormente conservados em álcool 70% até o momento das análises em laboratório. O conteúdo estomacal foi analisado em estereomicroscópio óptico. Empregou-se o método de frequência de ocorrência (HYSLOP, 1980)

A frequência de ocorrência expressa o número (porcentagem) de estômagos que contém um determinado item alimentar (ração e perifíton). Por ser um método qualitativo, não é considerado o tamanho dos itens ou o número em que ocorrem, fornecendo informações sobre a seletividade ou preferência do alimento, podendo também descrever a uniformidade com que grupos de peixes selecionam seu alimento (HAHN e DELARIVA, 2003).

O volume estomacal, foi obtido com auxílio de placas de petri adaptada com papel milimetrado e examinando-se assim o volume estomacal, e quantificando os itens ração e perifíton, principalmente algas filamentosas presentes. Para quantificação dos itens alimentares (ração e perifíton), estes foram concentrados e mensurados através do número total de mm^3 de contribuição contendo duas plaquetas com altura de 1mm^3 (Figura 7) (HELLAWEL e ABEL, 1971; HYSLOP, 1980).

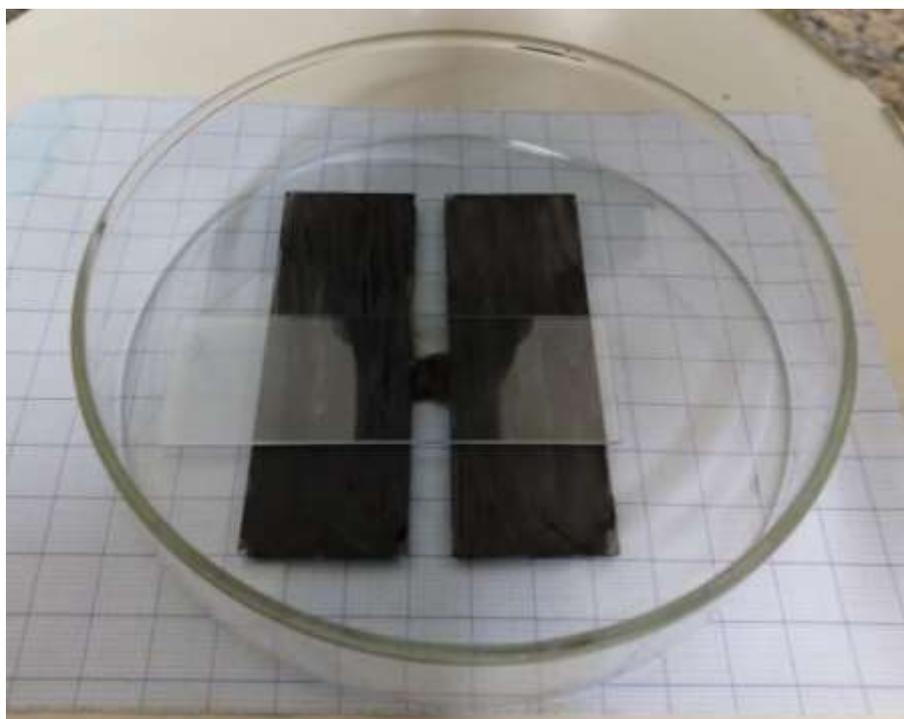


Figura 7. Placa de petri milimetrada utilizada para avaliação estomacal seguindo o método volumétrico.

Após avaliação estomacal três amostras de cada unidade experimental (total=108) foram encaminhadas para a análise quantitativa (%) dos organismos que

compõem o perifíton. A quantificação foi realizada por contagem de sub-amostras na câmara de Sedgewick-Rafter. Antes do preenchimento da câmara de contagem, as amostras foram homogeneizadas e aplicado 1mL na câmara em uma superfície plana, certificando-se de que não havia bolhas de ar dentro da câmara após a vedação com a lâmina superior. Identificou-se em nível de família, com a utilização de microscópio LEICA DM 750 / ICC50 e bibliografia específica: Bicudo e Menezes (2006); Belcher e Swale (1976); Sant'Anna et al. (2012)

9. Análise dos dados

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos. Foi calculada ANOVA two-way para avaliar os efeitos principais (presença ou ausência do substrato e aos dois manejos alimentares) e a interação entre eles (ZAR, 2010). O nível de significância utilizado para todas as análises do presente estudo foi $p < 0,05$ e todos os testes estatísticos foram realizados com auxílio de softwares de uso livre: SISVAR 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. Desempenho produtivo

Durante as duas primeiras semanas de cultivo, os peixes de todos os tratamentos apresentaram crescimento equivalente. A partir do 21º dia observou-se que os tratamentos que receberam 100% da alimentação com e sem substratos apresentaram maiores crescimento em massa total, seguido pelo tratamento de 50% com substratos (Figura 8).

Após 55 dias de cultivo, ambos os tratamentos alimentados com 100% da porção diária de ração e o tratamento alimentado com 50% de ração e adição de substratos alcançaram massa média acima de 30 gramas. Entretanto, o tratamento que recebeu 50% de ração sem substrato necessitou de mais 15 dias para alcançar a média de peso equivalente aos demais tratamentos.

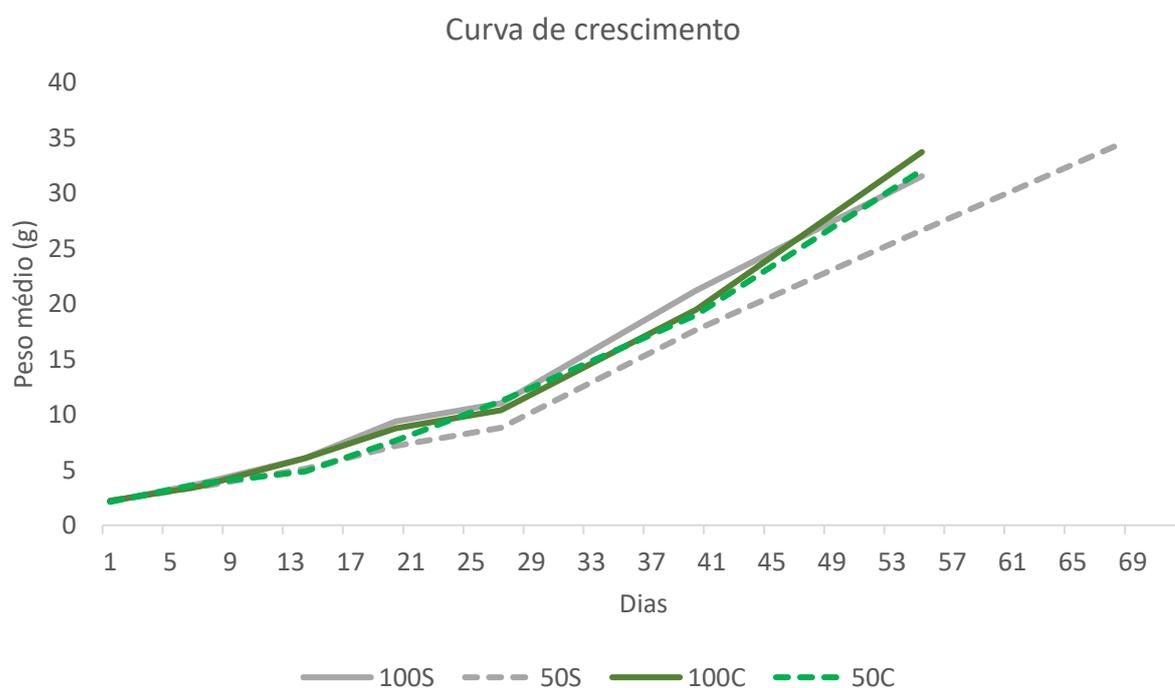


Figura 8. Curva de crescimento para tilápia do Nilo em viveiros escavados com e sem substrato de bambu para perifíton.

Obs: 50 = Metade da alimentação recomendada comercialmente: 100 = Taxa normal de alimentação recomendada comercialmente: S = Sem substrato de bambu: C = com substrato de bambu.

As análises dos resultados da variância e os valores médios dos parâmetros de desempenho comparados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) em cada fator foram apresentados nas tabelas 4 e 5. O peso médio inicial, a taxa de mortalidade e uniformidade do lote foram os únicos parâmetros que não apresentaram diferença estatística para ambos os efeitos testados e sua interação. Azim et al. (2005) sugerem que a sobrevivência dos peixes é maior em sistemas de produção de viveiros baseados em perifíton do que na produção livre de substrato. Esta informação não observada no presente trabalho, possivelmente pela reduzida taxa de mortalidade em todos os tratamentos.

Em relação a uniformidade do lote em alevinos de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) em condições experimentais Marques et al. (2004b) observaram que a variação entre os indivíduos e o fornecimento de uma maior quantidade de alimento reduz a concorrência entre eles, acarretando menor variação e maior uniformidade. No presente estudo a condição em que o experimento foi conduzido, não ocasionou em maiores variações podendo estar associado ao diferente fornecimento diário da ração e a busca do perifíton como recurso alimentar nos grupos com substrato.

Houve efeito da interação entre os dois fatores testados (redução alimentar e presença de substrato) para os demais parâmetros analisados, exceto para a produtividade e conversão alimentar, sendo que a presença de substrato propiciou em melhor resultado e a oferta de 100 % de ração em relação a de 50 % da porção diária recomendada melhorou a produtividade, mas piorou a conversão alimentar (Tabela 4).

Em viveiros escavados e de concreto vários autores mostraram que, quando substratos são inseridos a comunidade perifítica pode contribuir para aumento da produtividade de várias espécies de peixes (LEGENDRE et al., 1989; RAMESH et al., 1999; WAHAB et al., 1999; AZIM et al., 2001a, 2001b, 2002; KESHAVANATH et al., 2001, 2002, 2004; JANA et al., 2004; UDDIN et al., 2006, 2007; SAKR et al., 2015; BISWAS et al., 2017; JHA et al., 2018) e a contribuição do presente estudo foi comprovar este benefício em sistema intensivo de elevada densidade de estocagem.

A ração, além de apresentar elevado custo na produção, se fornecida de forma incorreta pode levar ao comprometimento da qualidade da água, sendo o principal

agente de eutrofização (WIESMANN et al., 1988; OTTINGER et al., 2016). A melhora na conversão alimentar ocasionada pela presença de perifíton no substrato, pode ser vantajosa para o produtor, de modo que irá dispor do menor uso da ração, diminuindo assim o custo de produção e aporte de nutrientes no ambiente aquático.

Nos grupos alimentados com 100% da porção diária de ração, a adição de substrato não afetou o peso médio final, ganho de peso e TCE. Entretanto, nos grupos com 50% da alimentação, a adição dos substratos no viveiro resultou em maior ganho de peso e TCE, com conseqüente aumento no peso médio final (Tabela 5). Nos grupos sem a presença de substrato a redução de 50 % na oferta de ração prejudicou estes indicadores de desempenho das tilápias (ganho de peso, TCE e peso médio final). Por outro lado, nos tratamentos com a presença de perifíton o ganho de peso, TCE e peso médio final se mantiveram semelhantes entre os grupos alimentados com 100 e 50 % de ração, demonstrando que este alimento natural foi capaz de suprir a necessidade nutricional correspondente a uma porção de 50 % da quantidade diária ofertada para juvenis de tilápia do Nilo.

Thompson et al. (2002) destacam que a microbiota perifítica representa uma importante fonte natural de nutrientes essenciais, como ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), esteróis, aminoácidos, vitaminas e pigmentos, que ajudam a melhorar desenvolvimento dos organismos cultivados. Em estudo realizado por Sakr et al. (2015) estudando tilápia com peso inicial de 2,17 gramas em tanques-rede, observaram que o perifíton propicia aumento da taxa de crescimento, apesar da diminuição do nível de proteína na dieta de 25% para 20%.

O consumo de ração foi influenciado pela inclusão de substratos, sendo que no grupo alimentado com 50% da ração, a utilização do substrato reduziu o consumo de ração, enquanto no grupo que recebeu 100 % de ração não houve diferença no consumo com a presença ou ausência de substratos. A adição do substrato quando a porção de ração foi reduzida ocasionou a procura do perifíton como recurso alimentar para atender à necessidade nutricional, diminuindo assim o consumo de ração. Segundo Milstein et al. (2009) o perifíton tem função importante na redução da inclusão de alimento exógeno (ração).

No ciclo de produção, o grupo de 100% de ração apresentou 4,58 ciclos de produção/ano, semelhante ao grupo sem a inclusão de substrato. Para o grupo de

50% de ração e com inclusão do substrato apresentaram ciclo de produção em torno de 4,15 ao ano, em decorrência ao tempo de 15 dias considerados para colonização dos substratos. Vale salientar que o estudo foi conduzido de maio a julho de 2018, período de outono, de modo que o ciclo de produção dependendo da sazonalidade pode sofrer mudanças.

Tabela 4. Análise de variância e efeitos da interação do desempenho de tilápias em viveiros escavados utilizando substratos de bambu para perifíton com e sem redução da ração.

Ração	Substrato	Peso médio Inicial (g)	Peso médio final (g)	Ganho de Peso aos 55 dias (g)	Produtividade (kg/ha)	Mortalidade (%)	Taxa de crescimento específico (%/dia)	Consumo de ração (g/peixe)	Conversão alimentar	Uniformidade do lote	Ciclo de produção ao ano
Média dos tratamentos ¹											
100% de ração	sem	2,14±0,11	31,53±0,31	29,38±0,29	6164±4,27	5,56±0,22	4,89±0,09	27,11±1,49	1,05±0,04	0,33±0,02	5,00
50% de ração	sem	2,22±0,08	26,63±1,64	24,41±1,64	5206±299,28	4,00±0,93	3,94±0,02	23,40±0,31	0,80±0,03	0,36±0,02	4,15
100% de ração	com	2,20±0,12	33,71±0,47	31,50±0,44	6633±132,651	5,24±1,85	4,96±0,09	25,35±1,70	0,93±0,02	0,34±0,01	4,15
50% de ração	com	2,11±0,08	32,07±1,33	29,96±1,29	6362±279,40	4,48±1,94	4,95±0,08	18,48±0,36	0,69±0,03	0,34±0,02	4,15
Média dos principais efeitos ²											
100% de ração		2,17 ± 0,11	32,61 ± 1,24	30,44 ± 1,21	6475,94 ± 345,14a	5,40 ± 1,19	4,93 ± 1,19	26,23 ± 1,54	0,99 ± 0,07b	0,34 ± 0,02	4,58
50% de ração		2,16 ± 0,09	29,35 ± 3,27	27,19 ± 3,32	5723,54 ± 659,61b	4,24 ± 1,39	4,44 ± 1,39	20,94 ± 2,71	0,75 ± 0,07a	0,36 ± 0,02	4,15
	com	2,15 ± 0,10	32,89 ± 1,26	30,73 ± 1,21	6521,22 ± 329,77a	4,82 ± 1,75	4,95 ± 1,75	21,92 ± 3,84	0,81 ± 0,14a	0,35 ± 0,02	4,15
	sem	2,18 ± 0,09	29,08 ± 2,88	26,90 ± 2,92	5678,27 ± 599,00b	4,78 ± 1,05	4,42 ± 1,05	25,25 ± 2,25	0,93 ± 0,14b	0,35 ± 0,02	4,58
Valores de p (ANOVA)											
Ração (R)		0,6929	0,0005	0,0005	0,0006	0,9203	< 0,0001	0,0006	0,0006	0,6518	-
Utilização do Substrato (S)		0,9054	0,0012	0,0011	0,0011	0,1941	< 0,0001	0,0001	< 0,0001	0,6580	-
Interação R x S		0,1787	0,0309	0,024	0,161	0,6421	0,0001	0,0221	0,9281	0,3485	-

¹Os valores são médias (n = 3) ± Desvio padrão.

² Os valores são a média dos efeitos principais (n = 6) ± Desvio padrão. Letras diferentes em minúsculo (ab) indicam diferenças significativas dos efeitos pelo teste de Tukey (P <0,05).

Tabela 5. Efeitos da interação do desempenho de tilápias em viveiros escavados utilizando substratos de bambu para perífíton com e sem restrição da ração.

	Ração ofertada	
	100%	50%
Peso médio final (g)		
com substrato	33,71±0,47	32,07±1,33x
sem substrato	31,53±0,31a	26,63±1,64by
Ganho de peso (g)		
com substrato	31,50±0,44	29,96±1,29x
sem substrato	29,38±0,29a	24,41±1,64by
Taxa de crescimento específico (%/dia)		
com substrato	4,96±0,09	4,95±0,08x
sem substrato	4,89±0,09a	3,94±0,02by
Consumo de ração (g/peixe)		
com substrato	25,35±1,70b	18,48±0,36ax
sem substrato	27,11±1,49b	23,40±0,31ay

Os valores são médias ($n = 3$) \pm Desvio padrão. Letras diferentes (ab) indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre ração ofertada sobre o substrato; (xy) indicam diferenças entre substrato na ração.

2. Relação peso/comprimento e fator de condição relativo

Os resultados da relação peso/comprimento demonstraram que os tratamentos estiveram dentro do intervalo recomendado por Ricker (1975); em que valores de b fora do intervalo de 2,5-3,5 são geralmente considerados atípicos (Tabela 6). O crescimento isométrico ($b=3,00$) é o ideal para peixes em todo seu desenvolvimento e sugere que o incremento do peso está na mesma proporção que o comprimento (JOBILING, 2002; GOMIERO e BRAGA, 2003; REGO et al., 2008; TAVARES-DIAS et al., 2010; SANTOS et al., 2015).

Os resultados mostram que em todos os tratamentos houve um crescimento do tipo alométrico negativo ($b < 3$). O crescimento é alométrico positivo quando o peso do

organismo aumenta mais que o comprimento ($b > 3$), e alométrico negativo quando comprimento aumenta mais que peso ($b < 3$).

O crescimento alométrico negativo é frequentemente observado em indivíduos jovens, de modo que estes designam a energia proveniente da dieta para o crescimento linear e de estruturas somáticas (VAZZOLER, 1996). De acordo com Berg e Butterfield (1976) a curva típica de crescimento durante a vida de peixes, apresenta-se na forma sigmóide, ou seja, o crescimento na primeira etapa da vida é lento, seguido de um período de auto-aceleração até atingir o ponto máximo da taxa de crescimento (puberdade) e por fim ocorre a fase de autodesaceleração caracterizada pela fase adulta do animal.

Biswas et al. (2017), estudando a influência da fertilização-perifíton no desempenho de alevinos de *Mugil cephalus* L. observaram valor do expoente isométrico (b) em torno de 3,00, indicando que os peixes estavam, portanto, em bom estado em comparação com outros tratamentos (fertilização isolada, fertilização combinada e aplicação de adubo-composto) no qual apresentaram valores do expoente b abaixo de 3 semelhante ao presente estudo. Além disso, Jana et al. (2004) estudando o mesmo peixe mencionado relataram resultados equivalentes ao presente estudo, porém, o estudo avaliou os peixes em ambiente de água salina.

O fator de condição relativo (K_n) representa o quociente entre o peso observado e o peso estimado para um dado comprimento, em pisciculturas este método pode ser utilizado na seleção de fêmeas para reprodução e também na avaliação do bem-estar dos animais sob diferentes manejos (MARQUES et al., 2004a; FOSS et al., 2006; MAEDA et al., 2006; e SALARO et al., 2015).

Não houve diferenças em relação ao fator de condição relativo entre os tratamentos (valores centralizados em 1). As rações fornecidas aos peixes em cultivos apresentam nutrientes como: proteína, lipídios, minerais e vitaminas balanceadas, proporcionando o crescimento e engorda dos animais. O material em suspensão como fitoplâncton e zooplâncton podem estar sendo utilizados pelos animais sob restrição como recurso alimentar, corroborando com os resultados encontrados no tratamento com restrição alimentar.

Lemos et al. (2006) estudaram o fator de condição em duas espécies de peixes (*Ancistrus hoplogenyys* Günther, 1864 e *Hyphessobrycon copelandi* Durbin, 1908) e relataram baixos valores de Kn, indicando baixa condição corporal, possivelmente associada à abstenção alimentar. Assim os resultados encontrados no presente estudo indicam boas condições de higidez nas condições de cultivo, de modo que maiores valores do Kn determinam melhores condições de bem-estar aos peixes.

Tabela 6. Tipo de crescimento de juvenis de tilápia do Nilo criados em viveiros escavados com e sem substrato de bambu para o crescimento do perifíton.

Tratamentos	b	EP (b)	R ²	IC inferior	IC superior	Tipo de Crescimento
100S	2,6121	0,1140	0,8533	2,5177	2,7126	Alométrico -
50S	2,8330	0,1292	0,9388	2,7175	2,9486	Alométrico -
100C	2,7136	0,0883	0,9133	2,6363	2,7909	Alométrico -
50C	2,7172	0,0951	0,9515	2,6341	2,8003	Alométrico -

3. Conteúdo estomacal e avaliação qualitativa e quantitativa do perifíton

O item ração foi observado em peixes de todos os tratamentos. Percebe-se maior frequência do item perifíton (principalmente de algas filamentosas) nos tratamentos com inclusão de substrato de bambu. Além disso, houve aumento gradativo da ocorrência do perifíton no decorrer das coletas, com exceção do tratamento com 100% da ração sem substrato (Tabela 7).

Os resultados demonstram que em todos os tratamentos juvenis de *O. niloticus* utilizam perifíton em sua dieta (Tabela 7). A presença de perifíton nos tratamentos sem inclusão de bambu pode estar associado a fixação da comunidade perifítica em outros substratos, por exemplo a rede de divisão dos viveiros e tela da entrada de água. Constatou-se maior conteúdo perifítico nos estômagos dos peixes de ambos os tratamentos com utilização do substrato de bambu e esta diferença se intensificou

após o primeiro mês de cultivo, coincidindo com o maior aporte de nutrientes na água (RODRIGUES, 2019). Além disso observou aumento do conteúdo estomacal perifíton simultaneamente com o crescimento dos peixes (Figura 9). A maior disponibilidade do perifíton associada a restrição alimentar adotada influenciou o maior consumo no tratamento com 50% da alimentação com substrato de bambu.

Tabela 7. Frequência de ocorrência (%) de ração e perifíton para juvenis de tilápia do Nilo criados em viveiros escavados.

Tratamentos	7 dias		30 dias		55 dias	
	Ração	Perifíton	Ração	Perifíton	Ração	Perifíton
100S	100	75	100	70	100	91,67
50S	100	63,64	100	66,67	100	72,73
100C	100	78,57	100	100	100	100
50C	100	91,67	100	100	100	100

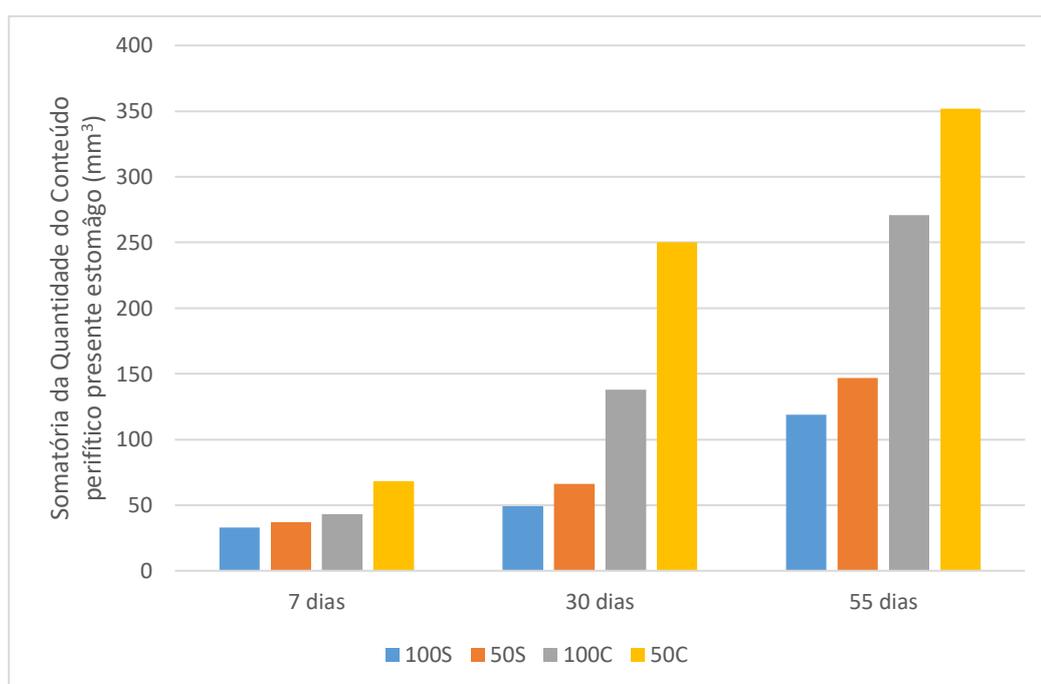


Figura 9. Conteúdo perifítico presente no estômago (mm^3) para juvenis de tilápia do Nilo criados em viveiros escavados com e sem substrato de bambu para o crescimento do perifíton.

Contudo a qualidade nutricional do perifíton desempenha um papel importante na determinação das taxas de ingestão. Peixes alimentando-se de algas, macrófitas ou detritos ingerem maiores quantidades dos mesmos para compensar o baixo conteúdo de energia e proteína, eles se alimentam seletivamente dos componentes com o maior teor de proteína presentes no perifíton (HORN, 1989; BOWEN et al., 1995).

Diversos estudos sobre a ecologia alimentar de tilápias adultas do gênero *Oreochromis* mostraram que fitoplâncton, algas sedimentadas e bentos compreendem a maior parte do seu conteúdo intestinal. Com eficiências de assimilação de 50-80%, estes ciclídeos parecem ser adeptos a digestão destes itens alimentares (BEVERIDGE e BAIRD, 2000).

As tilápias apresentam quatro mecanismos para decompor o material vegetal: mandíbulas faríngeas para moer a comida, um estômago muscular para triturar o material ingerido, um estômago ácido que pode lisar células vegetais e / ou uma fauna microbiana no intestino final. Essas características podem explicar suas altas eficiências de assimilação (BEVERIDGE e BAIRD, 2000).

Para análise quantitativa (%) dos organismos que compõem o perifíton foram encontradas vinte e cinco famílias da comunidade perifítica nos estômagos dos juvenis de tilápia nas três coletas realizadas (Figura 10). Dentre os organismos presentes no perifíton, os organismos autotróficos, especialmente da família Naviculaceae e Desmidiaceae independente do tratamento.

A família Naviculaceae é popularmente conhecida como diatomáceas. As diatomáceas são consideradas um importante elo na cadeia alimentar nos ecossistemas aquáticos e, principalmente, como produtores primários (WETZEL, 1983). Além disso estão presentes em diversos ambientes associando-se a algum tipo de substrato (ROUND, 1993), apresentando grande importância ecológica nos ciclos do carbono e da sílica (CHEPURNOV et al., 2004).

Conforme Hoagland et al. (1982) e Lobo et al. (1985) a maior predominância de Naviculaceae no perifíton pode estar relacionada às adaptações destes organismos para se fixarem ao substrato e uma adaptação rápida às condições locais. Por outro lado, Esteves (2011) cita que a disponibilidade de compostos a base de

sílica na coluna d'água favorece sua adaptação, uma vez que é o principal constituinte de suas paredes celulares.

A família Desmidiaceae é comumente encontrado em lagos e rios oligotróficos e mesotróficos (WEHR e SHEATH, 2003; SOUZA e MELO, 2011) e em ambientes salobros (GERRATH 1993). Ainda assim são amplamente diversificados (FELISBERTO e RODRIGUES, 2002) facilmente encontradas no perifíton associando a um substrato onde passam grande parte do seu ciclo de vida. Entretanto podem se desprender dos substratos tornando-se flutuantes na coluna d'água (BROOK, 1981; COESEL, 1982). Segundo Coesel (1996) a família Desmidiaceae apresenta aumento no número de espécies quando estão próximas a linha do Equador. A proximidade aos trópicos possibilita o desenvolvimento das algas por apresentar valores ótimos em torno de 25-30° (COESEL e WARDENAAR 1990).

A grande riqueza da família Naviculaceae e Desmidiaceae pode estar associada ao fato de o ambiente estudado propiciar melhor desenvolvimento no que diz respeito a luminosidade, nutrientes e temperatura. Em virtude da maior disponibilidade destes itens alimentares, juvenis de tilápia podem estar se beneficiando dos itens alimentares perifítico como recurso em sua dieta.

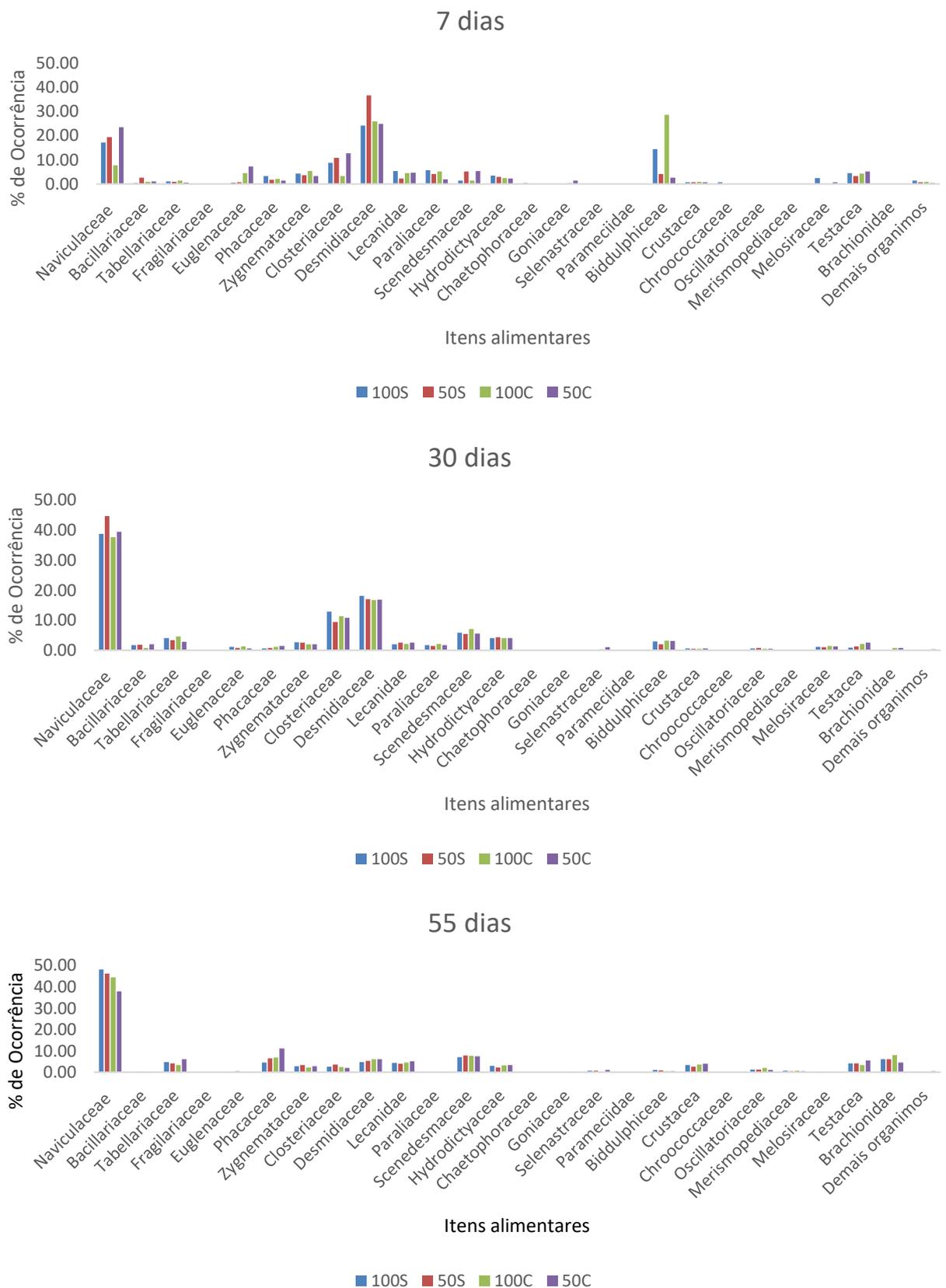


Figura 10. Porcentagem de ocorrência de itens alimentares encontrados no estômago de juvenis de tilápia do Nilo criados em viveiros escavados com e sem substrato de bambu.

CONCLUSÃO

Conclui-se que juvenis de tilápia do Nilo podem utilizar o perífiton como recurso alimentar, sendo que a utilização está relacionada a quantidade de ração comercial oferecida aos peixes. A aquicultura baseada na com unidade perifítica possibilita melhorar a eficiência produtiva, permitindo diminuir 50% do uso da ração sem comprometer os índices de desempenho.

REFERÊNCIAS

Abwao, J.O., Boera, P.N., Munguti, J.M., Orina, P.S., Ogello, E., 2014. The potential of periphyton based aquaculture for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) production. A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 2 (1), 147-152.

Aoac (Association of Official Analytical chemists), 2016. *Official Methods of Analysis* (20th ed.). Rockville, United States: AOAC Internacional. 3172 pp.

Apha, 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. 21st ed., Washington, USA. 4358 pp.

Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Banerjee, S., Akter, T., Hasan, M. M., Azim, M. E., 2009. 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* 287 (3-4), 371-380.

Ayroza, L.M.S., Romagosa, E., Ayroza, D.M.M.R., Scorvo-Filho J. D., Salles F.A. 2011. Custos e rentabilidade da produção de juvenis de tilápia-do-Nilo em tanques-rede utilizando-se diferentes densidades de estocagem. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40 (2), 231-239.

Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., Rahman, M.M., Wahab, M.A., Van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M., 2002. Evaluation of polyculture of Indian major carps in periphyton-based ponds. *Aquaculture* 213 (1-4), 131-149.

Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., Van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M., 2005. *Periphyton: ecology, exploitation and management*. CABI Publishing. Cambridge, 319 pp.

Azim, M.E., Wahab, M.A., Van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M., Huisman, E.A., Verdegem, M.C.J., 2001a. Optimization of stocking ratios of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* Ham. and *Catla catla* Ham. in a periphyton-based aquaculture system. *Aquaculture* 203 (1-2), 33-49.

Azim, M.E., Wahab, M.A., Biswas, P.K., Asaeda, T., Fujino, T., Verdegem, M.C.J., 2004. The effect of periphyton substrate density on production in freshwater polyculture ponds. *Aquaculture* 232 (1-4), 441-453.

Azim, M.E., Wahab, M.A., Van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M., Verdegem, M.C.J., 2001b. The potential of periphyton-based culture of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* (Hamilton) and *Labeo gonius* (Linnaeus). *Aquaculture Research* 32, 209- 216.

Belcher, H., Swale, E., 1976. *A beginner's guide to freshwater algae*. London: H.M. Stationery Office. 47 pp.

Benedito-Cecílio, E., Agostinho, A.A., 1997. Estrutura das populações de peixes do reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para manejo. Maringá: Eduem, 113-119 pp.

Berg, R.T., Butterfield, R.M., 1976. *New concepts of cattle growth*. Sydney: Sydney University. 240 pp.

Beveridge, M.C.M., Baird, D.J., 2000. Diet, feeding and digestive physiology. In: Beveridge MCM, McAndrew BJ (eds) Tilapias: Biology and exploitation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, NED, 59-87 pp.

Bicudo, C.E.M., Menezes, M., 2006. Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil: Chave para Identificação e Descrições. 2. ed. São Carlos: Rima Editora, 502 pp.

Biswas G., Sundaray, J.K., Bhattacharyya, S.B., Anand, P.S., Ghoshal, T.K Prem Kumar, D.D., Sukumaran, K., Bera, A., Mandal, B., Kailasam, M., 2017. Influence of feeding, periphyton and compost application on the performances of striped grey mullet (*Mugil cephalus* L.) fingerlings in fertilized brackishwater ponds. Aquaculture 481 (1), 64–71.

Bowen, S.H., Lutz, E.V. Ahlgren, M.O., 1995. Dietary protein and energy as determinants of food quality: trophic strategies compared. Ecology 76 (3), 899–907.

Boyd, C.E., Queiroz, J.F., 2004. Manejo das condições do sedimento do fundo, In: Urbinati, E. C.; Fracalossi, D. M. et al. Tópicos especiais em piscicultura tropical intensiva. 1. ed. Jaboticabal: Associação Brasileira de Aquicultura e Biologia (Aquabio) 1, 25-43 pp.

Brook, A.J., 1981. The biology of desmids. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London. 276p.

Cati, 2016. Diagnóstico da piscicultura no oeste do estado de São Paulo. Documento técnico 122 da CATI, 34 pp.

Chepurnov, V.A., Mann, D.G., Sabbe, K., Vyverman, W., 2004. Experimental Studies on Sexual Reproduction in Diatoms. International review of cytology 237, 91-154.

Coesel, P.F.M., 1982. Structural characteristics and adaptations of desmids communities. *Journal of Ecology* 70, 163-177.

Coesel, P.F.M., 1996. Biogeography of desmids. *Hydrobiologia* 336, 41-53.

Coesel, P.F.M. Wardenaar, K., 1990. Growth responses of planktonic desmid species in a temperature-light gradient. *Freshwater Biology* 23, 551-560.

David, L.H.C., Pinho S. M., Garcia, F., 2018. Improving the sustainability of tilapia cage farming in Brazil: An energy approach. *Journal of Cleaner Production* 201 (10), 1012–1018.

Dempster, P.W., Beveridge M.C.M., Baird D.J. 1993. Herbivory in the tilapia *Oreochromis niloticus*: a comparison of feeding rates on phytoplankton and periphyton. *Journal of fish biology* 43 (3), 385-392.

Esteves, F.A., 2011. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 826 pp.

Fao, 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the sustainable development goals. Rome. 227 pp.

Felisberto, S.A., Rodrigues, L., 2002. Desmidiálias (exceto o gênero *Cosmarium*) perifíticas no reservatório de Corumbá, Goiás, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 57, 75–97.

Foss, A., Kristensen, T., Atland, A., Hustveit, H., Hovland, H., Ofsti, A. Imstrand, A.K. 2006. Effects of water reuse and stocking density on water quality, blood physiology and growth rate of juvenile cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 256 (1-4), 255-263.

Garcia, F., Romera, D.M., Gozi, K.S., Onaka, E.M., Fonseca, F.S., Schalch, S.H.C., Candeira, P.G., Guerra, L.O., Carmo, F.J., Carneiro, D.J., Martins, M.I.E., Portella,

M.C., 2013. Stocking density of Nile tilapia in cages placed in a hydroelectric reservoir. *Aquaculture*, 410– 411, 51–56.

Garcia, F., Romera, D.M., Sousa, N.S., Ramos, I.P., Onaka, E.M., 2016. The potential of periphyton-based cage culture of Nile tilapia in a Brazilian reservoir. *Aquaculture* 464, 229-235.

Gerrath, J.F., 1993. The biology of desmids: a decade of progress. p. 79-192. In Round, F. E.; Chapman D. J. *Progress in phycological research* 9. Biopress, Bristol. 377 pp.

Gomiero, L.M., Braga, F.M.S., 2003. Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla cf. ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, rio Grande-MG/SP. *Acta Scientiarum* 25 (1), 79-86.

Hahn, N.S., Delariva, R.L., 2003. Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes? O que estamos usando?. *Interciência* 28 (2), 100-104.

Hellawell, J.M., Abel, R., 1971. A rapid volumetric method for the analysis of the food fishes. *Journal of Fish Biology* 3 (1), 20–37.

Hoagland, K.D., Roemer, S.C., Rosowski, J.R., 1982. Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (Bacillariophyceae). *American journal of botany* 69 (2), 188-213.

Horn, M.H., 1989. Biology of marine herbivorous fishes. *Oceanography and Marine Biology - An Annual Review* 27, 167–272.

Hyslop, E.J., 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17 (4), 411–429.

Jana, S.N., Garg, S.K., Patra, B.C. 2004. Effects of periphyton performance of grey mullet, *Mugil cephalus* Linn., in inland saline groundwater ponds. *Journal of Applied Ichthyology* 20, 110- 117.

Jha, S., Raia, S., Shrestha, M., Dianab, J.S., Mandala, R.B., Egnac, H. 2018 Production of periphyton to enhance yield in polyculture ponds with carps and small indigenous species. *Aquaculture Reports* 9, 74–81.

Jobling, M. 2002. Environmental factors and rates of development and growth, pp.97-122. *In*: Hart, P.J.B.; Reynolds, J.D. (eds). *Handbook of fish biology and fisheries. Fish biology*. Blackwell, 413 pp.

Keshavanath, P., Gangadhar, B., Ramesh, T.J., Van Dam A.A., Beveridge, M.C.M, Verdegem, M.C.J., 2004. Effects of bamboo substrates and supplemental feeding on growth and production of hybrid red tilapia fingerlings *Oreochromis mossambicus* X *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 235 (1-4), 303- 314.

Keshavanath, P., Gangadhar, B., Ramesh, T.J., Van Dam A.A., Beveridge, M.C.M, Verdegem, M.C.J., 2002. The effect of periphyton and supplemental feeding on the production of the indigenous carps *Tot khudree* and *Labeo fimbriatus*. *Aquaculture*, 231 (1-4), 207- 218.

Keshavanath, P., Gangadhar, B., Ramesh, T.J., Van Rooij, J.M., Beveridge, M.C.M, Baird, D.J., Verdegem, M.C.J., Van Dam A.A., 2001. Use of artificial substrates to enhance the production of freshwater herbivorous fish in pond culture. *Aquaculture Research* 32, 189- 197.

Le Cren, E.D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal Animal Ecology* 20, 201-219.

Legendre, M., Hem, S., Cisse, A., 1989. Suitability of brackish water tilápias species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. II- Growth and rearing methods. *Aquatic Living Resources* 2 (2), 81- 89.

Lemos, J.R.G., Tavares-Dias, M., Marcon, J.L., Lemos, P.E.M., Affonso, E.G. Zaiden, S.F., 2006. Relação peso comprimento e fator de condição em espécies de peixes ornamentais do rio Negro, Estado do Amazonas, Brasil. *CIVA* 2006, 721-725.

Lobo, E., Buselato-Toniolli, T.C., 1985. Tempo de exposição de um substrato artificial para o estabelecimento da comunidade de perifíton no curso inferior do Rio Caí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rickia*, São Paulo 12, 36-51.

Maeda, H., Silva, P.C., Aguiar, M.S., Padua, D.M.C., Oliveira, R.P.C., Machado, N.P., Rodrigues, V., Silva, R.H., 2006. Efeitos da densidade de estocagem na segunda alevinagem de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), em sistema raceway. *Ciência Animal Brasileira* 7 (3), 265-272.

Marengoni, N.G., 2006. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linhagem Chitralada), cultivada em tanque-rede, sob diferentes densidades de estocagem. *Archivos de Zootecnia* 55 (210), 127-138.

Marques, N.R., Hayashi, C., Furuya, W.M., Soares, C.M., 2004a. Influência da densidade de estocagem no cultivo de alevinos de matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) em condições experimentais. *Acta Scientiarum* 26 (1), 55-59.

Marques, N.R., Hayashi, C., Souza, S.R., Soares, T., 2004b. Efeito de diferentes níveis de arraçoamento para alevinos de carpa-capim (*ctenopharyngodon idella*) em condições experimentais. *Boletim do Instituto de Pesca* 30 (1), 51-56.

Milstein, A., Peretz, Y., Harpaz, S., 2009. Culture of organic tilapia to market size in periphyton based ponds with reduced feed inputs. *Aquaculture Research* 40, 55–59.

Orsi, M.L., Shibatta, O.A., Silva-Souza, A.T., 2002. Caracterização biológica de populações de peixes do rio Tibagi, localidade de Sertanópolis. In: Medri, M.E.; Shibatta, O.A.; Bianchini, E. & Pimenta, J.A. A Bacia do Rio Tibagi. Londrina, PR. 425-432 pp.

Ottinger, M., Clauss, K., Kuenzer, C., 2016. Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments - A review. *Ocean coastal management* 119, 244–266.

PeixeBr (Associação Brasileira de Piscicultura). Anuário 2020 Peixe Br da Piscicultura, 2020. 136 pp.

Penczak, T.W., Galicka, W., Molinski, M., Kusto, E., Zalewski, M., 1982. The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of Applied Ecology* 19, 371-393.

Ramesh, M.R., Shankar, K.M., Mohan, C.V., Varghese, T.J., 1999. Comparison of three plat substrates for enhancing carp growth through bacterial biofilm. *Aquaculture Engineering* 19 (2), 119- 131.

Ramos, I.P., Brandão, H., Zanatta, A.S., Zica, E.O.P., Silva, R.J., Rezende-Ayroza, D. M. M., Carvalho, E. D., 2013. Interference of cage fish farm on diet, condition factor and numeric abundance on wild fish in a Neotropical reservoir. *Aquaculture* 414-415, 56-62.

Ramos, I.P., Franceschini, L., Zica, E.O.P., Carvalho, E.D., Silva, R.J., 2014. The influence of cage farming on infection of the corvine fish *Plagioscion squamosissimus* (Perciformes: Sciaenidae) with metacercariae of *Austrodiplostomum compactum* (Digenea: Diplostomidae) from the Chavantes reservoir, São Paulo State, Brazil. *Journal of Helminthology* 88 (3), 342–348.

Rego, A.C.L., Pinese, O.P., Magalhães, P.A., Pinese, J.F., 2008. Relação peso-comprimento para *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) e *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) (Characiformes) no reservatório de Nova Ponte –EPDA de Galheiro, rio Araguari, MG. Revista Brasileira de Zootecias 10 (1), 13-21.

Ricker, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin Fisheries Research Board Canada 191, p.1-382.

Rodrigues, R.A., 2019. Qualidade da água e caracterização do perifíton na produção de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados com o uso de substratos. Dissertação de Mestrado – Centro de Aquicultura da Unesp. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, 66 pp.

Round, F.E., 1993. A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality: methods for the examination of waters and associated materials. H. M. Stationary Office, London. 65 pp.

Sakr, E.M., Shalaby, S.M., Wassef, E.A., El-Sayed, A.M., Abdel-Moneim, A.I., 2015. Evaluation of periphyton as a food source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles fed reduced protein levels in cages. Journal of Applied Aquaculture 27, 50–60.

Salaro, A.L., Campelo, D.A.V., Pontes, M.D., Miranda, L.T.V., Oliveira, K.R.B., Luz, R.K., 2015. Relação peso/comprimento e fator de condição de juvenis de *Hoplias lacerdae* em duas densidades de estocagem. Revista Brasileira de Engenharia de Pesca 7 (1), 12-20.

Sanderson, S.L., Stebar, M.C., Ackerman, K.L., Jones, S.H., Batjakas, I.E., Kaufman, L., 1996. Mucus entrapment of particles by suspension-feeding tilapia (Pisces: Cichlidae). Journal of Experimental Biology 199, 1743-1756.

Sant'Anna, C.L., Tucci, A., Azevedo, M.T.P., Melcher, S.S., Werner, V.R., Malone, C.F.S., Rossini, E.F., Jacinavicius, F.R., Hentschke, G.S., Osti, J.A.S., Santos, K.R.S., Gama-Júnior, W.A., Rosal, C. Adame, G., 2012. Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras. Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia. São Paulo. 175 p.

Santos, E.P., 1978. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. EDUSP, São Paulo. 129p.

Santos, E.S., Mota, S., Santos, A.B., Aquino, M.D., 2015. Cultivo do peixe ornamental molinésia (*Poecilia sp.*) em esgotos domésticos tratados: desempenho zootécnico e avaliação do bem-estar animal. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 67 (1), 255-264.

Siqueira N.S., Rodrigues L., 2009. Biomassa perifítica em tanques-rede de criação de tilápia do Nilo - *Oreochromis niloticus* (Linneau, 1758). Boletim Instituto de Pesca, 35 (2), 181-190.

Souza, K.F., Melo, S., 2011. Levantamento taxonômico de desmídias (Chlorophyta) do lago Novo (Amapá, Brasil): gêneros *Staurastrum*, *Stauroidesmus* e *Xanthidium*. Acta Amazonica 41 (3), 335-346.

Tavares-Dias, M., Araújo, C.S.O., Gomes, A.L.S., Andrade, S.M.S., 2010. Relação peso-comprimento e fator de condição relativo (Kn) do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) em cultivo semi-intensivo no estado do Amazonas, Brasil. Revista Brasileira de Zootecias 12 (1), 59-65.

Thompson, F.L.; Abre, P.C., Wasielesky, W., 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. Aquaculture 203 (3-4), 263-278.

Uddin, M.S., Azim, M.E., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., 2006. The potential of mixed culture of genetically improved farmed tilapia *Oreochromis niloticus* and

freshwater giant prawn *Macrobrachium rosenbergii* in periphyton-based systems. *Aquaculture Research* 37, 241- 247.

Uddin, M.S., Farzana, A., Fatema, M.K., Azim, M.E., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., 2007. Technical evaluation of tilápia *Oreochromis niloticus* monoculture and tilápia prawn *Macrobrachium rosenbergii* polyculture in earthen ponds with and without substrates for periphyton development. *Aquaculture* 269 (1-4), 232- 240.

Vazzoler, A.E.A.M., 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria à prática*. Maringá: EDUEM. 169 pp.

Wahab, M.A., Azim, M.E., Ali, M.H., Beveridge, M.C.M., Khan, S., 1999. The potential of periphyton-based culture of the native major carp calbaush, *Labeo calbasu* (Hamilton). *Aquaculture Research* 30, 409-419.

Wehr, J.; Sheath, R.G., 2003. *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Academic Press, 917 pp.

Wetzel, R.G., 1983. Opening remarks. In *Periphyton of freshwater ecosystems* (R.G. Wetzel, ed.). Dr. W. Junk Publishers, 339-346 pp.

Wetzel, R.G. 2001. *Limnology*. San Diego: Academic Press. 1006 pp.

Wiesmann. D., Scheid, H., Pfeffer. E., 1988. Water pollution with phosphorus of dietary origin by intensively fed rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.). *Aquaculture* 69 (3-4), 263-270.

Zar, J.H., 2010. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall. 241 pp.

Zorzal-Almeida, S., Fernandes, V.O., 2014. The influence of the predation of tilapia (*Oreochromis* sp.) in the periphytic algae community structure in a tropical pisciculture pond. *Neotropical Biology and Conservation* 9 (1), 49-54.

CAPÍTULO II - Avaliação econômica na produção de juvenis de tilápia do Nilo utilizando perifíton como alimento complementar em sistema intensivo

Manuscrito formatado nas normas da revista *Aquaculture*

Resumo: No Brasil, a agricultura em pequenas propriedades possui papel essencial na produção de alimentos e neste contexto, a produção de tilápia apresenta destaque dentre os alimentos de origem animal. Entretanto, é necessário melhorar a eficiência produtiva reduzindo os altos custos de produção, sendo a ração o insumo mais expressivo dos custos na piscicultura. Uma opção para diminuir os custos de produção é a utilização de alimento natural (perifíton). Pesquisas que determinam a viabilidade econômica do uso de perifíton em sistemas de produção aquícola são escassos e necessitam de estudos em escala comercial de cultivo. Diante disso, o presente trabalho avaliou economicamente a introdução de substratos para colonização do perifíton na produção de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados. O sistema de produção contou dois fatores principais (presença ou ausência de substrato) e dois fatores secundários (alimentação com 100% e 50% da porção diária). Atribuiu-se como unidade orçamentária a área média de espelho de água de 0,83 ha para a região noroeste do estado de São Paulo baseada em um ano de produção. Foi determinado o custo operacional total e empregados os indicadores de análise de rentabilidade. A aquisição de alevinos e de ração comercial foram os itens mais dispendiosos. O tratamento com restrição alimentar em 50% complementando a alimentação com perifíton por meio de substratos de bambu apresentou rentabilidade de 17.33%. Conclui-se que a inserção de substratos de bambu para a produção de juvenis de tilápia melhora os indicadores econômicos e a resiliência da atividade.

Palavras-chave: custo de produção, *Oreochromis niloticus*, rentabilidade, viveiros escavados

Chapter II

Economic evaluation of Nile tilapia juvenile production using periphyton as complementary food in intensive system

Abstract: In Brazil agriculture in small farms is an essential role in food production. However, tilapia production in Brazil is prominent in the production of food of animal origin. However, it is necessary to improve production efficiency by reducing high production costs, with feed being the most expensive input in fish farming. One option to lower production costs is to use natural food (periphyton). Research that determines the economic viability of the use of periphyton in aquaculture production systems is scarce and needs commercial scale studies. Therefore, the present work aimed to economically evaluate the introduction of periphyton colonization substrates in the production of juveniles Nile tilapia in pond focusing on small and / or medium properties. The production system counted two main factors (presence or absence of substrate) and two secondary factors (feeding with 100% and 50% of the daily portion). The budget unit was allocated an average water mirror area of 0.83 ha for the northwest region of the state of São Paulo based on one year of production. Total operating cost was used and profitability analysis indicators were employed. The treatment with 50% dietary restriction supplementing the periphyton feeding with bamboo substrates presented 17.33. It was concluded that the insertion of bamboo substrates for the production of tilapia juveniles improves the economic indicators and the resilience of the activity.

Keywords: Production cost, *Oreochromis niloticus*, profitability, pond

INTRODUÇÃO

A maioria dos produtos aquícolas em todo o mundo é produzida por propriedades de pequeno ou médio porte, pertencentes ou arrendadas por produtores, especialmente na Ásia, onde 94% da população dedicou-se a aquicultura (FAO, 2016).

A agricultura em pequenas propriedades possui papel essencial no desenvolvimento da economia brasileira. Isto porque a produção de alimentos gera renda e empregos para as famílias envolvidas. A atividade familiar pode auxiliar na produção ecológica com a diversificação de alimentos cultivados (PADUA et al., 2013). Da mesma maneira, a aquicultura de base familiar pode contribuir significativamente para o volume total de produção de peixe.

O Brasil apresenta destaque na produção de tilápia, sendo o quarto maior produtor do mundo (FAO, 2018). Entretanto existem, na atividade, problemas de ordem organizacional, ambiental e econômica na tilapicultura que comprometem o seu potencial desenvolvimento. Muitas vezes, a atividade piscícola para pequenas propriedades torna-se inviável, principalmente pelo entrave econômico, a citar o investimento inicial e alto custo da ração.

Desta maneira, são necessárias medidas que visem solucionar este problema, promovendo melhorias na eficiência dos sistemas de produção aquícola por meio do melhor planejamento produtivo, do uso adequado dos recursos naturais, e promoção de desenvolvimento de novas tecnologias para os cultivos, tornando-os mais eficientes e rentáveis.

Para melhorar a eficiência dos sistemas de produção de tilápia é necessário reduzir os altos custos de produção. Nesse sentido, a ração aparece como insumo de maior impacto no custo de produção (GARCIA et al., 2013; AYROZA et al., 2014) dependente do porte do empreendimento, podendo representar até 80% de participação nos custos em sistemas intensivos (COSTA et al., 2018).

Uma opção para diminuir os custos de produção e o alto descarte de nutrientes provenientes da ração é a utilização de alimento natural (fitoplâncton e perifíton) em substituição ou complemento à dieta comercial (BEVERIDGE e BAIRD, 2000), uma vez que a tilápia é uma espécie de hábito alimentar onívoro oportunista com tendência

à herbívora, possuindo adaptações morfológicas que lhe permitem aproveitar fitoplâncton e perifíton em sua dieta (SANDERSON et al., 1996; BEVERIDGE e BAIRD, 2000; MARENGONI, 2006; ZORZAL-ALMEIDA e FERNANDES, 2014).

O perifíton é uma alternativa de alimento natural complementar as dietas comerciais, podendo ser utilizado como uma maneira de melhorar a eficiência econômica dos sistemas de produção aquícola (AZIM et al., 2003; KESHAVANATH et al., 2004; THAPANAND et al., 2009; GARCIA et al., 2016).

Garcia et al. (2017) propuseram um novo modelo de produção na fase de engorda de tilápia em sistemas de tanques-rede baseado no perifíton. Os autores demonstraram maior rentabilidade econômica na inclusão de substratos de bambu para crescimento de perifíton, oferecendo aos produtores uma maneira de aumentarem a lucratividade nos sistemas produtivos, proporcionando lucro operacional anual de 57% superior ao sistema produtivo utilizado no Brasil.

Para verificar se um modelo de sistema é rentável economicamente, é necessário o estudo referente à análise econômica, pois esta é uma ferramenta fundamental para avaliar a viabilidade das atividades produtivas e deve ser utilizada pelos profissionais e investidores do setor aquícola.

Pesquisas que determinam a viabilidade econômica do uso de perifíton em sistemas de produção aquícola são escassas. Assim, existe a necessidade de estudos sobre a rentabilidade deste novo sistema de produção em escala comercial de cultivo (alta densidade de estocagem). Diante disso, o presente trabalho tratou-se de avaliar economicamente a introdução de substratos de colonização do perifíton na produção de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados na fase de recria em sistema intensivo de produção com foco em pequenas e/ou médias propriedades. O objetivo do trabalho foi avaliar economicamente a produção de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando perifíton como alimento complementar, sob restrição alimentar, em sistema de viveiro escavado.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do sistema de cultivo

O sistema de produção contou com quatro diferentes sistemas de produção. Um dos sistemas empregado, foi o convencional adotado pelas pisciculturas no país, ou seja, utilizando a quantidade de ração recomendada pelos fabricantes (100% da ração), sem inclusão de substratos de bambu para crescimento de perifíton(100S). No outro sistema empregou-se a redução de 50% da alimentação utilizando os substratos para o crescimento do perifíton (50C). Para melhor comparação entre os sistemas adotou-se o sistema com 50% da alimentação sem substrato (50S) e outro com 100% utilizando substratos de bambu (100C).

A escolha do substrato de bambu foi baseada na produtividade e qualidade nutricional de perifíton (KESHAVANATH et al., 2001), por estar prontamente disponível em áreas rurais a custo zero e apresentar alta durabilidade, podendo ser utilizado o mesmo bambu em vários ciclos de produção.

Atribuiu-se como unidade orçamentária a área média de espelho de água de 0,83 ha para a região noroeste do estado de São Paulo conforme relatado por Barros (2007), durante um ano de produção. Neste sistema de cultivo foram utilizados juvenis revertidos de tilápia do Nilo com peso médio inicial de 2 gramas e encerrados com peso médio de 35 gramas, na densidade de 20 peixes/m².

O sistema de 100% da alimentação, sem substrato (modelo convencional) contou com 15 dias de preparação de viveiro (calagem e fertilização), 55 dias de cultivo e 3 dias de despesca (73 dias) (100S); os dois tratamentos com inclusão de substrato (100 e 50% da alimentação recomendada) empregou-se 15 dias de preparação de viveiro, 15 dias para formação do perifíton, 55 dias de cultivo e 3 dias de despesca (88 dias); e tratamento com 50% da alimentação sem substrato empregou-se 15 dias de preparação de viveiro, adotando 70 dias de produção com o propósito de padronizar os peixes em 35 gramas conforme os demais tratamentos e 3 dias de despesca (88 dias) (50S). Os ciclos de produção assim apresentados, foram

baseadas no experimento conduzido na região de Votuporanga/SP de maio a julho de 2018.

Para os tratamentos com 100% da alimentação (100S e 100C) devido ao dobro da quantidade de fornecimento da ração, empregou-se o arraçoamento em cinco tratamentos, enquanto para os tratamentos com 50% da alimentação (50S e 50C) realizou-se três tratamentos diários.

Estrutura do custo de produção

O levantamento econômico da piscicultura foi elaborado por meio dos preços médios coletados na região de Votuporanga entre os meses de agosto e setembro do ano de 2019; a moeda adotada como base para o estudo foi o Real (R\$).

Para os investimentos da infraestrutura dos modelos propostos adotou a construção dos viveiros compostos pela elaboração do projeto, levantamento planialtimétrico da área e preparação dos viveiros (marcação, escavação, nivelamento, sistema de abastecimento e drenagem). Além disso considerou-se a construção de galpão para armazenamento da ração, equipamentos e utensílios, todos elaborados de acordo com Scorvo-Filho et al. (2015) e estudos prévios para a região noroeste do estado de São Paulo.

A depreciação da infraestrutura, equipamentos e utensílios foi calculada pelo método linear utilizando a seguinte fórmula: $D = Vi / n$, onde D = depreciação em R\$/ano, Vi = valor inicial do bem em R\$ e n = vida útil. Foi considerado o valor de sucata para a infraestrutura e equipamentos. O valor da depreciação da infraestrutura, equipamentos e utensílios que são de uso geral na piscicultura, foi apropriado por tratamento, considerando a área do experimento em relação a uma área produtiva da propriedade em um ano de produção.

As despesas com material consumido foram obtidas considerando-se os gastos com alevinos, ração, calcário e sal. O custo com mão de obra considerou horas-homem por atividade desenvolvida, correspondendo o valor do salário da categoria rural no município de Votuporanga, adicionando 33% de encargos e assim dividindo por 192h de acordo com Instituto de Economia Agrícola (IEA/SP) obtendo o valor de R\$ 10,05 (valor/hora de trabalho).

Para os tratamentos com substratos de bambu foram calculados o tempo gasto na colheita das hastes, montagem dos módulos e instalação nos viveiros, bem como o tempo gasto na manutenção dos mesmos. O número total de horas necessárias foi calculado multiplicando o número de horas de cada atividade pelo número mínimo de trabalhadores que a atividade exigiu e pelo número de dias de execução da montagem (obtendo o valor em horas/homem). Assumiu-se que os módulos seriam substituídos a cada três anos de produção, por ser um material pouco depreciável.

Para o cálculo do custo de implantação da produção, foi utilizada a estrutura adotada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), baseada no custo operacional total (COT), proposta por Matsunaga et al. (1976). O custo operacional efetivo (COE) é composto das despesas com mão de obra e material consumido. O COT é composto do COE, acrescido da depreciação dos bens materiais, encargos sociais (33% do valor da mão de obra), contribuição especial de seguridade social rural (CERSS) (2,3% sobre a receita bruta), despesas gerais (5% do COE) e encargos financeiros de acordo com o plano safra 2019/2020 para pequenos produtores (referentes à taxa de 4,6% a.a. sobre 50% do COE). Foram empregados no trabalho os indicadores de análise de rentabilidade proposto por Martin et al. (1998), que são definidos como:

1.1.1. Receita Bruta (RB): constituída pela receita esperada para determinada produção para cada tratamento, para um preço de venda pré-definido, ou efetivamente recebido, expresso por $RB = Pr \times Pu$, em que Pr = produção da atividade por unidade de área; Pu = preço unitário do produto.

1.1.2. Lucro Operacional (LO): resultante da diferença entre a receita bruta e o custo operacional. O indicador do resultado deste índice mede a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade, por meio da expressão $LO = RB - COT$

1.1.3. Índice de Lucratividade (IL): mostra a relação entre o lucro operacional e a receita bruta, em percentagem. É uma medida importante de rentabilidade da atividade agropecuária, uma vez que mostra a taxa disponível de receita da atividade

após o pagamento de todos os custos operacionais, identificado por $IL = (LO / RB) \times 100$

1.1.4. Quantidade de nivelamento (QN): indicador de custo em relação à unidade do produto, ou seja, determina qual é a produção mínima necessária para cobrir o custo, dado o preço de venda unitário (Pu). Assim, considerou-se a expressão $QN = COT / Pu$.

1.1.5. Preço de nivelamento (PN): É um indicador que mostra o preço mínimo necessário para cobrir o custo operacional total (COT), dada uma quantidade produzida (Q). Na prática, fornece o preço a ser vendida para que não se tenha prejuízo, dado por $PN = COT / Q$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O custo estimado para a implantação do projeto em 0.83 hectares de espelho d'água de acordo com o presente estudo, equivale a R\$ 111.280,00 e para equipamentos/utensílios estimou-se um valor de R\$ 39.693,86 totalizando um investimento de R\$ 150.973,86 conforme demonstrada na tabela 8. O principal item de investimento foi a construção dos viveiros que representou 51,10%, seguida pela construção do galpão com 19,20%. Estes resultados fornecem informações importantes referentes ao investimento necessário para implantação de 0.83 ha de lâmina de água para a região noroeste do estado de São Paulo.

Dos itens que compõem o custo operacional, a aquisição de alevinos e de ração comercial foram os itens mais dispendiosos que, quando somados representaram mais de 55% dos custos em todos os tratamentos. Nos sistemas produtivos que receberam 100% da porção diária de ração recomendada, este item representou o maior custo em comparação com os outros tratamentos sob restrição alimentar (Tabela 9). Segundo Fritzen (2015), os gastos com ração representam um fator limitante na criação de peixes.

No sistema de redução alimentar utilizando o substrato para o perifíton o valor foi inferior aos demais sistemas apresentados (24,10%), enquanto que no sistema com redução alimentar sem substrato houve aumento do custo da ração (29,8%) em decorrência da redução alimentar sem complemento, ocasionando o aumento de dias de arraçamento para alcançar os 35 gramas desejado (Tabela 9). Crivelenti et al. (2006) mencionam valores mais altos com o custo da ração na produção de tilápia da alevinagem a engorda em viveiros escavados (41,07%).

Os gastos com a compra de peixes foram mais expressivos nos sistemas de 50% da alimentação representando outro item limitante na produção. De acordo com Furlaneto et al. (2006), os itens aquisição de juvenis e ração são os que mais apresentam representatividade no custo operacional efetivo.

Tabela 8. Valores de investimento (capital fixo) em reais de agosto a setembro de 2019 para produção de juvenis de tilápia em viveiros.

Construção e infraestrutura	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Valor final (R\$)	Vida útil (Anos)	Sucata	Depreciação (R\$)	% de participação
Construção dos viveiros	ha	0.83	96.000,00	79.680,00	15	0%	5.312,00	51,10
Galpão	m ²	15	2.000,00	30.000,00	15	20%	1.996,00	19,20
Tubos e conexões	-	-	600,00	600,00	5	0%	120,00	1,15
Outros gastos	-	-	1.000,00	1.000,00	5	5%	199,90	1,92
Subtotal			111.280,00				7627,90	
Equipamentos	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Valor Final (R\$)	Vida Útil (Anos)	Sucata	Depreciação (R\$)	% de Participação
Balança 1g até 10 kg	unidade	1	45,99	45,99	7	10%	6,56	0,06
Caixas de transporte 1000L	unidade	1	299,99	299,99	5	10%	59,94	0,58
PHmetro	unidade	1	1.000,00	1.000,00	10	20%	99,80	0,96
Oxímetro	unidade	1	1.499,99	1.499,99	10	20%	149,70	1,44
Disco de secchi	unidade	1	49,90	49,90	5	20%	9,96	0,10
Puçá	unidade	1	89,00	89,00	5	5%	17,79	0,17
Rede de despesca - recria	unidade	1	139,99	139,99	7	20%	19,96	0,19
Boia para substrato - garrafa pet*	unidade	18	4,50	81,00	2	0%	40,50	0,39
Carriola	unidade	1	430,00	430,00	5	20%	85,83	0,83
Tarrafa	unidade	1	388,00	388,00	5	50%	77,21	0,74
Jardineira de nylon	unidade	1	170,00	170,00	5	50%	33,83	0,33
Arame	rolo	2	30,00	60,00	10	10%	5,99	0,06
Tela da cerca	rolo	150	100,00	15.000,00	20	50%	746,25	7,18
Veículo/Trator	unidade	1	20.000,00	20.000,00	15	50%	1.326,67	12,76
Filtro do cano de entrada	unidade	5	88,00	440,00	5	10%	87,91	0,85
Subtotal			39.693,86				2.767,90	
Total			150.973,86				10.395,80	100

* Utilizado apenas nos sistemas com inclusão do perifíton.

As operações manuais ocuparam a terceira posição dos itens de maior custo de produção variando entre os sistemas produtivos. As atividades que exigiram maior quantidade de trabalho foram: Alimentação, controle de água e remoção dos peixes mortos; povoamento; despesca; seguido da confecção de bambus (para modelos produtivos com base no perifíton) e distribuição de calcário e fertilização. O presente trabalho corrobora com os encontrados por Scorvo-Filho et al. (2008) que citam a participação de 18 a 22% com mão de obra no COE.

Considerando que o modelo foi projetado para ser utilizado por pequenos produtores, é importante considerar que oferecer três tratos por dia (contendo 50% de ração diária) tem muitos benefícios. Além de reduzir o custo de produção no que diz respeito a ração, aumenta a lucratividade, reduz a dependência de rações e permite que os agricultores/piscicultores possam estar disponíveis durante o dia para realizar diferentes atividades agrícolas diversificando sua produção (GARCIA et al., 2017). Ainda assim, em pequenas propriedades, a piscicultura geralmente representa apenas uma das diversas atividades realizadas pelos proprietários.

O custo de produção (COT) de juvenis de tilápia no sistema convencional (100% da ração recomendada sem inclusão de substrato) foi estimado em R\$ 324.655,56 ao ano e para o sistema fornecendo 50% da ração recomendada sem substrato o valor foi de R\$ 251.312,07 ao ano. Para os sistemas com inclusão de substratos fornecendo 100% e 50% da ração recomendada, os valores foram de R\$ 279.045,94 e R\$ 241.401,34 ao ano, respectivamente. Desta forma, o sistema com restrição alimentar com substrato representou redução de torno de 25% do COT em comparação sistema convencional, em decorrência do menor aporte de ração para o cultivo, mantendo o mesmo tempo de produção (Tabela 9).

Tabela 9. Valores em reais (R\$/ano) e percentual da participação dos itens do custo operacional efetivo e total durante um ano de produção de juvenis de tilápia para os quatro sistemas de cultivo proposto.

	Sem substrato		Com substrato	
	100 % ração	50% ração	100 % ração	50% ração
Insumos				
Aquisição Juvenis de tilápia (2g)	92.576,92 (28,52)	76.796,77 (30,56)	76.796,77 (27,52)	76.796,77 (31,81)
Calcário	4.750,00 (1,46)	3.940,34 (1,57)	3.940,34 (1,41)	3.940,34 (1,63)
Ração extrusada (40% PB)	103.307,47 (31,82)	74.964,31 (29,83)	82.162,08 (29,44)	58.179,51 (24,10)
Sal	1.300,00 (0,40)	1.078,41 (0,43)	1.078,41 (0,39)	1.078,41 (0,45)
Operações manuais				
Distribuição de calcário e fertilização	6.416,54 (1,98)	5.322,81 (2,12)	5.322,81 (1,91)	5.322,81 (2,20)
Povoamento	12.833,08 (3,95)	10.645,62 (4,24)	10.645,62 (3,82)	10.645,62 (4,41)
Alimentação, controle de água e remoção dos peixes mortos	34.938,05 (10,76)	23.101,00 (9,19)	26.640,67 (9,55)	18.150,78 (7,52)
Despesa	9.624,81 (2,96)	7.984,22 (3,18)	7.984,22 (2,86)	7.984,22 (3,31)
Confecção dos bambus	-	-	10.694,23 (3,83)	10.694,23 (4,43)
Custo Operacional efetivo (COE)				
Depreciação (equipamentos/investimentos)	265.746,87 (81,86)	203.833,47 (81,11)	225.265,13 (80,73)	192.792,68 (79,86)
Encargos sociais ¹	10.355,06 (3,19)*	10.355,06 (4,12)*	10.395,56 (3,73)	10.395,56 (4,31)
CERSS ²	21.058,12 (6,49)	15.527,70 (6,18)	20.224,89 (7,25)	17.423,23 (7,22)
Despesas Gerais ³	8.094,16 (2,49)	6.714,47 (2,67)	6.714,47 (2,41)	6.714,47 (2,78)
Encargos Financeiros ⁴	13.287,34 (4,09)	10.191,67 (4,06)	11.263,26 (4,05)	9.639,63 (3,99)
Encargos Financeiros ⁴	6.112,18 (1,88)	4.688,17 (1,87)	5.181,10 (1,86)	4.434,23 (1,84)
Custo Operacional Total (COT)				
	324.655,56 (100)	251.312,07 (100)	279.045,94 (100)	241.401,34 (100)

* Valores descontando a boia para substrato

1 Refere-se à mão de obra (33%).

2 Refere-se à contribuição especial de seguridade social rural de 2,3% sobre a receita bruta.

3 Refere-se a 5% do COE.

4 Refere-se à taxa de juros de 4,6% a.a. sobre 50% do COE durante o ciclo de produção.

O preço de venda em todos os sistemas de cultivo foi de R\$ 400,00/milheiro conforme estimado para a região de Votuporanga/SP. O sistema convencional gerou a maior receita bruta, entretanto foi o que obteve maior custo total (R\$/ano). A análise dos índices de rentabilidade mostrou que sob as condições propostas, o produtor obterá lucro independente do sistema que empregar (Tabela 10). Entretanto o tratamento que apresentou melhor lucratividade foi do sistema com restrição alimentar em 50% complementando a alimentação com perifíton através de substratos de bambu (17,33%). Isto significa que o produtor familiar pode cobrir os custos com os insumos e ainda obter mais lucro em comparação ao sistema convencional.

O sistema de cultivo com restrição alimentar sem substrato apresentou o segundo melhor valor de lucratividade. Este dado é importante para conscientizar produtores a respeito do melhor manejo que possa ser adotado. Sabbag e Costa (2015) estudando grupo de piscicultores de tilápia do Nilo em tanques-rede em reservatórios hidrelétricos no estado de São Paulo, demonstraram que os piscicultores mais eficientes produzem mais com uma quantidade menor de ração durante cada ciclo de produção, corroborando com os resultados obtidos.

A produção de equilíbrio (milheiro) variou entre os modelos produtivos propostos decorrente do número de ciclos em que cada um realizou em um ano. Esta avaliação é importante no fornecimento de informações necessárias para considerar o número mínimo de milheiros a serem vendidos sem que ocorra prejuízo ao produtor. Ainda assim, os dados mostram que o sistema de redução da ração aliada a utilização do perifíton necessita de uma produção de equilíbrio inferior a 25,62% para cobertura dos custos, comparativamente ao sistema tradicional, inferindo a otimização de recursos (insumos) na produção.

Por fim, o preço de equilíbrio (R\$) seguiu a mesma tendência da produção de equilíbrio, variando entre os modelos produtivos propostos. Todos os modelos produtivos constituíram lucro operacional para o empreendedor em um ano. Entretanto, o sistema a base de perifíton associado a redução de ração apresentou preço de equilíbrio inferior a 10% em comparação ao sistema de 100% da ração sem substrato para perifíton, podendo assim o produtor ampliar a vantagem econômica no cultivo.

Tabela 10. Indicadores de rentabilidade em 0,83 ha de lâmina d'água em um ano produção.

	sem substrato		com substrato	
	100 % ração	50% ração	100 % ração	50% ração
Produtividade (t/ano)	31	26	26	26
Ganho de peso diário (g/dia)	0,60	0,49	0,60	0,60
Conversão Alimentar Aparente	1,05	0,80	0,93	0,69
Ciclos produtivos por ano	5	4,15	4,15	4,15
Análise econômica				
Preço de venda R\$/milheiro	400	400	400	400
Produção (milheiros/ano)	880	730	730	730
Receita Bruta (R\$/ano)	352.000,00	292.000,00	292.000,00	292.000,00
Custo Total (R\$/ano)	324.655,56	251.312,07	279.045,94	241.401,34
Lucro Operacional (R\$/ano)	27.344,44	40.687,93	12.954,06	50.598,66
Índice de Lucratividade (%)	7,77	13,93	4,44	17,33
Produção de equilíbrio (Milheiros) ¹	812	628	698	604
Preço de equilíbrio (R\$) ²	368,93	344,26	382,25	330,69

¹Volume mínimo de produção em milheiros para cobrir os custos de produção (Custo operacional total/preço).

²Preço mínimo de venda, para cobertura dos custos de produção (Custo operacional total/produção)

Este modelo de produção pode ser atraente para pequenos produtores, porque foi mais lucrativo do que a agricultura tradicional de juvenis de tilápia em viveiros escavados, permitindo que os piscicultores obtenham renda usando pequenos módulos. A inserção de substratos de bambu em viveiros para promover o crescimento do perifíton permite que juvenis de tilápia do Nilo sejam produzidos com menor quantidade de ração extrusada comercial e, portanto, com menor custo de produção sem comprometer a lucratividade do sistema, visto que a ração é o insumo mais oneroso em piscicultura.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a inserção de substratos de bambu para o crescimento de perifíton associado a redução em 50% da ração comercial em viveiros escavados para a produção de juvenis de tilápia do Nilo demonstra maior índice de lucratividade. Ainda assim, este modelo permite ao produtor dedicar mais tempo para diversificar suas atividades econômicas e lhes dá acesso ao peixe produzido para consumo. Além disso o sistema a base de perifíton pode promover a entrada de novo produtores familiares nesta atividade, podendo gerar empregos e renda, de forma a contribuir com a expansão da produção aquícola no país.

REFERÊNCIAS

Ayroza, D.M.M.R., Garcia, F., Ayroza, L.M.S., Furlaneto, F.P.B., Ferraudo, A.S., Mercante, C.T.J., 2014. Environmental conditions, fish diseases, management and economic evaluation of tilapia cages in a Brazilian hydroelectric reservoir. In: WAKEFIELD, R. (Org.). Tilapia: biology, management practices and human consumption. Nova York: Nova Publishers. 119-145 pp.

Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., Mantingh, I., Van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M., 2003. Ingestion and utilization of periphyton grown on artificial substrate by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquacultura Research 34 (1), 85-92.

Barros, H.P., 2007. Diagnóstico da aquíicultura na região noroeste do estado de São Paulo: dados preliminares. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em <https://www.pesca.sp.gov.br/diagnostico_aquicultura.pdf>. Acessado em: 15 de agosto de 2019.

Beveridge, M.C.M., Baird, D.J., 2000. Diet, feeding and digestive physiology. In: Beveridge MCM, McAndrew BJ (eds) Tilapias: Biology and exploitation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, NED, 59-87 pp.

Costa, J.I., Sabbag, O.J., Martins, M.I.E.G., 2018. Avaliação econômica da produção de tilápias em tanques-rede no médio Paranapanema-SP. Custos e @gronegocio on line 14 (4), 259-281.

Crivelenti, L.Z., Borin, S., Pirtouscheg, A., Neves, J.E.G., Abdão, M., 2006. Desempenho econômico da criação de tilápias no Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de produção intensiva. Revista Veterinária Notícias 12 (2), 117-122.

Fao, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to food security and nutrition for all. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 200 pp.

Fao, 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the sustainable development goals. Rome. 227 pp.

Fritzen, N.A., 2015. Estudo econômico da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo. 30 pp.

Furlaneto, F.P.B., Ayroza, D.M.M.R., Ayroza, L.M.S., 2006. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis spp.*) em tanque-rede no médio paranapanema, Estado de São Paulo, safra 2004/05. Informações Econômicas 36 (3), 63-69.

Garcia, F., Romera, D.M., Gozi, K.S., Onaka, E.M., Fonseca, F.S., Schalch, S.H.C., Candeira, P.G., Guerra, L.O., Carmo, F.J., Carneiro, D.J., Martins, M.I.E., Portella, M.C., 2013. Stocking density of Nile tilapia in cages placed in a hydroelectric reservoir. Aquaculture, 410– 411, 51–56.

Garcia, F., Sabbag, O.J., Kimpara, J.M., Romera, D.M., Sousa, N.S., Onaka, E.M., Ramos I.P., 2017. Periphyton-based cage culture of Nile tilapia: An interesting model for small-scale farming. *Aquaculture* 479, 838-844.

Garcia, F., Romera, D.M., Sousa, N.S., Ramos, I. P., Onaka, E. M., 2016. The potential of periphyton-based cage culture of Nile tilapia in a Brazilian reservoir. *Aquaculture* 464, 229-235.

Keshavanath, P., Gangadhar, B., Ramesh, T.J., Van Dam A.A., Beveridge, M.C.M, Verdegem, M.C.J., 2004. Effects of bamboo substrates and supplemental feeding on growth and production of hybrid red tilapia fingerlings *Oreochromis mossambicus* X *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 235 (1-4), 303- 314.

Keshavanath, P., Gangadhar, B., Ramesh, T.J., Van Rooij, J.M., Beveridge, M.C.M, Baird, D.J., Verdegem, M.C.J., Van Dam A.A., 2001. Use of artificial substrates to enhance the production of freshwater herbivorous fish in pond culture. *Aquaculture Research* 32, 189- 197.

Marengoni, N.G., 2006. Produção de tilápia do nilo *Oreochromis niloticus* (Linhagem Chitralada), cultivada em tanque-rede, sob diferentes densidades de estocagem. *Archivos de Zootecnia* 55 (210), 127-138.

Martin, N.B., Serra, R., Oliveira, M.D.M., Ângelo, J.A., Okawa, H., 1998. Sistema integrado de custos agropecuários – CUSTAGRI. *Informações Econômicas* 28 (1), 7-28.

Matsunaga, M., Bemelmans, P.F., Toledo, P.E.N., Dullely, H.D., Okawa, H., Pedroso, I.A., 1976. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Agricultura em São Paulo* 23, 123-139.

Padua, J.B., Schlindwein, M. M., Gomes, E.P., 2013. Agricultura familiar e produção orgânica: uma análise comparativa considerando os dados dos censos de 1996 e 2006. *Interações (Campo Grande)* 14 (2), 225-235.

Sabbag, O.J; Costa, S.M.A.L., 2015. Eficiência técnica da produção de tilápias em Ilha Solteira, SP: uma análise não paramétrica. *Boletim da Indústria Animal*, 72 (2), p.155-162.

Sanderson, S.L., Stebar, M.C., Ackerman, K.L., Jones, S.H., Batjakas, I.E., Kaufman, L., 1996. Mucus entrapment of particles by suspension-feeding tilapia (Pisces: Cichlidae). *Journal of Experimental Biology* 199, 1743-1756.

Scorvo-Filho, J.D., Mainardes-Pinto, C.S.R., Paiva, P.D.E., Verani, J.R., Silva, A.L., 2008. Custo operacional de produção da criação de tilápias tailandesas em tanques-rede, de pequeno volume, instalados em viveiros povoados e não povoados. *Custos e @gronegocio on line* 4 (2), 98-116.

Scorvo Filho, J.D., Scorvo, C.M.D.F., Ayroza, D.M.M.R., Ayroza, L.M.S., 2015. O custo da produção de tilápia no estado de São Paulo. *Pesquisa & Tecnologia* 12 (1), 1-7.

Thapanand, T., Jutagatee, T., Wongrat, P., Lekchloyut, T., Meksumpun, C., Janekitkarn, S., Rodloi, A., Moreau, J., Wongrat, L., 2009. Trophic relationships and ecosystem characteristics in a newly-impounded man-made lake in Thailand. *Fisheries Management and Ecology*, 16 (2), 77-87.

Zorzal-Almeida, S., Fernandes, V.O., 2014. The influence of the predation of tilapia (*Oreochromis* sp.) in the periphytic algae community structure in a tropical pisciculture pond. *Neotropical Biology and Conservation* 9 (1), 49-54.